BHS
II H
101

II 9.
H 101

Gebunden 1 fl. 3 kr.

BHS II H 101

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke Aktiengesellschaft
Bibliothek:
Gruppe: II Yh
B.Nr. 101

Ueber die Natur der festen und flüssigen Körper.

Von

Johann Paul Brewer,
Professor der physischen und mathematischen Wissenschaften zu Düsseldorf.

BIBLIOTHEK DER K.B.GENERAL BERGW.U.SALINEN ADMINISTR.

Düsseldorf,
in der Dänzer'schen Buchhandlung, 1805.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Seiner Exzellenz

dem

Freyherrn von Hompesch,

Geheimraths-Präsidenten, und General-Landes-Kommissär

in tiefster Ehrfurcht

gewidmet

von dem Verfasser.

Hochwohlgebohrner Freyherr!

Hochzuverehrender Herr Geheimraths-Präsident und General-Landes-Kommissär!

Es geschieht bloß um Euer Exzellenz einen Beweis zu geben, wie ich die Feierstunden, welche mir die Umstände der Zeit noch verstatten, zu meiner steten Vervollkommnung in dem mir anvertrauten Fache anzuwenden suche; wenn ich es wage, Hochdenselben diesen kleinen Versuch zu widmen. Der Schutz und die Aufmunterung, welche Euer Exzellenz mir schon vor Vollendung meiner Studien angedeihen ließen, machten es mir zur heiligsten Pflicht, jede Gelegenheit zu be-

nutzen, Ihnen öffentlich meinen wärmsten Dank abzu- statten, und zugleich das Vertrauen zu rechtfertigen, welches Hochdieselben in mich zu setzen die Gnade hat- ten. Möchte dieser kleine Versuch so von dem Publi- kum aufgenommen werden, daß ich mich unterstehen dürfte, ihn Hochdenselben als einen kleinen Beweis mei- nes Dankgefühls, und der unbegränzten Ehrfurcht vor- zulegen, womit ich verharre

Euer Exzellenz

unterthänig gehorsamster
Johann Paul Brewer.

Vorbericht.

Fast der größte Theil der Physik beschäftigt sich mit den Einwirkungen der festen, und flüssigen Körper aufeinander, und dennoch ist dasjenige, was eigentlich den Unterschied in der Natur dieser Körper bestimmt, bis hierhin so wenig untersucht, daß man sich wundern muß, wie die Physik ohne diesen gordischen Knoten erst gelöst zu haben, noch so weite Fortschritte machen konnte, als sie wirklich gemacht hat. Schon beym ersten Anfange meines physischen Studiums beschäftigten mich Zweifel der Art; und da ich jetzt durch das mir anvertraute Lehramt um so mehr zu Nachforschungen über diesen Gegenstand aufgefordert ward, so entstanden diese wenigen Bogen, die ich hier dem Urtheil des Publikums vorzulegen wage. — Man hat bis hierhin die Natur der tropfbar flüssigen Körper durch den geringen Zusammenhang der Elemente erklärt, ich habe

mich bemüht zu zeigen, wie nichtig dieser Grund seye, und habe die Flüssigkeit aus einem Grunde hergeleitet, welcher die Klasse der tropfbaren Flüssigkeiten, und der Luftarten zugleich umfaßt. Die Lehre vom Zusammenhange der festen Körper schränkte sich bis hierhin fast gänzlich auf mathematische Berechnungen der absoluten Festigkeit der Körper ein; ich glaube im zweyten Kapitel diese Lehre in ein näheres Licht gesetzt, uud die Kohäsion mit der Gravitation in einen beßer zu übersehenden Zusammenhang gebracht zu haben. Auch die Härte, Sprödigkeit und die übrigen Eigenschaften, welche die Festigkeit eines Körpers bestimmen, habe ich von dem absoluten Zusammenhange zu trennen, und ihren Unterschied näher auszumitteln gesucht. — Ich gehe nun in dem vierten und fünften Kapitel zu der Verschiedenheit der Wirkungen der festen und flüssigen Körper über. Das wenige, was ich im vierten Kapitel über die bis hieran angenommene Theorie des Reibens sagte, wird hoffentlich den Freunden der Wissenschaft nicht unangenehm seyn, und ein Kenner wird vielleicht diesen flüchtigen Gedanken zur näheren Vollkommenheit bringen, und er dürfte dann vielleicht selbst für die Praxis nicht unwichtig seyn. — Im fünften Kapitel handle ich den Stoß der festen und flüssigen Körper ab. Ich wünschte vorzüglich eine genaue Prüfung der Theorie, welche ich von der Wirkung des belier hydraulique gab; ich glaube, daß meine Erklärung die einzige ist, wodurch sich die Wirkung dieser sonderbaren Maschine mit der Theorie vereinigen läßt. — Ich habe in dieser Abhandlung alle mathematische Rechnungen gänzlich vermieden, einige äußerst leichte Ausdrücke in Buchstaben ausge-

nommen, welche jeder ohne eben ein Algebraist zu seyn, wohl verstehen wird. Soviel ich davon einsehe, sollte man immer mehr und mehr anfangen, den Kalkul aus physischen Werken zu verbannen; der Physiker sollte eigentlich dem Mathematiker die Data an die Hand geben, worauf Letzterer seine Rechnungen baut. Wer beyde Wissenschaften kennt, wird wißen, daß die großen Abweichungen der Rechnung von der Erfahrung gewiß nicht der Unvollkommenheit der Letzteren, sondern der Unsicherheit der Grundsätze, worauf die Rechnung gebaut ist, zugeschrieben werden müssen. Mathematiker also werden mich entschuldigen, wenn ich dieses Buch, das bloß eine Prüfung der Grundsätze enthält, nicht noch durch weitläufig durchgeführte Rechnungen für manchen Leser unverständlich gemacht habe.

Endlich muß ich mich noch gegen einen Vorwurf verwahren, den mir vielleicht mancher machen könnte, weil ich die atomistische Vorstellungsart durchgehends beybehalten habe. Es ist dieses nicht geschehen, weil ich dieselbe für die wahre halte, sondern weil ich glaubte, daß in einem Buche, welches eigentlich mit dem Streit der atomistischen und dynamischen Naturphylosophie seinem Zweck nach sich nicht beschäftigen sollte, ich mich solcher Ausdrücke bedienen mußte, die dem System unserer Erfahrung am angemessensten seyen. Physiker, welche die Meinungen der streitenden Partheien kennen, werden wissen, wie leicht es seye, die Sprache der einen in diejenige der andern zu übertragen. Der Streit der Dynamick und Atomistick gehört in die nämliche Klasse, wohin derjenige über

die Attarktion und über die Cartesischen Wirbel gehört. So intereßant es dem menschlichen Geiste ist, über die einfachsten Phänomene, welche uns die Körper zeigen, einen vollkommen deutlichen Begriff zu erhalten, so nachtheilig würde es der Wissenschaft seyn, wenn man jede einzelne Untersuchung durch Streitfragen der Art noch verwickelter machen wollte; auch war dieses gewiß nicht der Zweck der Männer, welche die Dynamick mit so vielem Scharfsinn ausbildeten. — Neue Versuche wird man nicht in dieser Abhandlung erwarten; ich habe diejenigen, worauf ich mich beziehe, in so weit es der mir gnädigst anvertraute physikalische Apparat verstattete, alle zu prüfen gesucht. Die Untersuchungen über den hier vorgetragenen Gegenstand sind von der Art, daß sie mehr einfache Beobachtungen, als gerade zusammengesetzte Experimente erfordern. Jeder, der Beobachtungsgeist besitzt, wird in den Werkstätten der Künstler Gelegenheit finden, Erfahrungen über diesen Gegenstand zu machen, die oft mehr als Experimente die Wissenschaft fördern.

Ueber

die Natur

der

festen und flüssigen Körper.

Erstes Kapitel

von dem Unterschiede der festen und flüssigen Körper.

Man kann alle Natur-Körper in zwey Klassen bringen, in feste nähmlich, und flüssige. Obschon wir Körper kennen, welche diese beyden entgegengesetzten Eigenschaften, soviel möglich, in sich zu vereinigen scheinen, so bezeichnet diese Eintheilung doch die Endpunkte einer Reihe, die durch unendlich viele sich wechselseitig berührende Glieder gebildet wird. So einleuchtend und bekannt aber auch diese Abtheilung ist, so schwer ist es die Ursache aufzufinden, die den merkwürdigen Unterschied in der Wirkung der festen, und flüssigen Körper hervorbringt. Der Verstand durch die Erfahrung

bey festen Körpern gewohnt jede Kraft nur in ihrer eigenen Richtung wirken zu sehen, erstaunt über die Beobachtung, daß eine Kraft den flüßigen Körper nach jeder Richtung mit gleicher Stärke hintreibt; ja sogar der unwidersprechlich scheinende Satz, daß die Massentheilchen eines Körpers eine auf denselben wirkende Kraft unter sich gleichförmig theilen, leidet bey flüßigen Körpern eine Ausnahme, gleich als ob sie sich selbst reproducirte, wirkt jede Kraft auf die größere, und geringere Masse des flüssigen Körpers mit gleicher Intensität. — Man nennt zwar diejenigen Körper flüßig, deren Massentheilchen keinen merklichen Zusammenhang besitzen, abrr diese Abwesenheit der Kohäsion ist bey weitem nicht hinreichend, die erstaunenswürdigen Phänomene der flüssigen Körper zu erklären. Wir wollen z. B. den Druck betrachten, den eine Flüssigkeit auf die Seitenwände des sie begränzenden Gefäßes ausübt, weil die Theilchen derselben nicht merklich zusammenhängen, so können wir uns den flüssigen Körper nach Willkühr mit schiefen ebenen Durchschnitten denken, so daß die unter derselben befindliche flüssige Masse nur die Basis abgibt, worauf die über derselben befindliche herunterglitschen könne. Man berechne nun den Druck, welchen die so herunterglitschende Wassermasse auf eine ihr vertikal entgegenstehende Wand ausübt; man wird finden, daß er dem Drucke bey weitem nicht gleich kömmt, den ein flüßiger Körper, wie uns die Erfahrung lehrt, auf diese Wand ausübt. Noch mehr in Verlegenheit würde man sich befinden, wenn man auf diese, oder eine ähnliche aus der Analogie mit festen Körpern hergeleitete Art den ungeheuern Druck berechnen wollte, den

eine geringe Menge Wassers auf die Wände des Follis hydrostaticus ausübt. Man hat zwar den Wassertheilchen um ihnen in diesem Drucke zu Hilfe zu kommen eine sphärische Figur gegeben, und sie wie Keile in einander wirken lassen; aber abgerechnet daß diese Figur den Elementen der Flüssigkeit blos angedichtet ist; so ist es höchst unwahrscheinlich, daß diese Kügelchen immer gerade so über, und neben einander liegen, daß sie den erwünschten Druck hervorbringen. Ja selbst bei der vortheilhaftesten Lage ist es unmöglich, daß dieser Druck sich nach allen Richtungen so verbreite, wie ihn uns wirklich die Erfahrung zeigt. Auch haben dieses die berühmtesten Lehrer der Hydraulick längst eingesehen, und die ersten Gründe dieser Wissenschaft lieber auf die Erfahrung gebaut, als aus der Analogie der festen Körper herzuleiten gesucht. Ich glaube, daß wir zur Erklärung der Phänomene der Flüssigen Körper eine eigene Kraft zu Hülfe nehmen müssen, deren Existens in der Natur zwar schon längst erwiesen ist, deren wirksamen Eingriff in die Phänomene der flüssigen Körper man aber noch nicht hinlänglich zu kennen scheint; nämlich die Elasticität. Denn was ist Elasticität anders, als die Eigenschaft einen an einem Punkt angebrachten Druck in allen Punckten, und nach allen Richtungen gleich stark zu äußern? — Bey den luftförmigen Flüssigkeiten kannte man die Wirkung der Elasticität schon lange, und man schreibt die Ursache warum zum Beispiel die Luft in einem Zimmer eben so stark, als die ganze Atmosphäre auf das Barometer drückt, ganz richtig der Elasticität der in demseben befindlichen Luft zu, aber auf die Erscheinungen der tropfbar flüssigen

Körper hat man die Wirkungen der Elasticität noch nicht ausgedehnt. Ist es aber nicht der Wärmestoff, dem sowohl die tropfbare als elastische Flüßigkeiten ihre Existens verdanken? Man stelle eine tropfbare Flüssigkeit den Aether z. B unter die Glocke der Luftpumpe, man nehme den Druck der Luft weg, augenbliklich wird sich die tropfbare Flüssigkeit in eine elastische verwandeln; ist es aber wohl wahrscheinlich, daß diese Wegnahme des Drucks der Luft dem Aether eine Elasticität gäbe, wenn er sie nicht vorhin schon hätte. Man scheint die Wirksamkeit der Elasticität bey den tropfbar flüßigen Körpern vorzüglich aus zwey Ursachen verkannt zu haben: die erste ist, weil sie sich nicht merklich zusammen drücken lassen, die 2te ist, weil sie sich nicht nach oben zu verbreiten. Was die erste betrifft, so ist es ist izt durch direckte Versuche bewiesen, daß das Wasser sich zusammendrücken lasse, und nach aufgehobenem Drucke seinen vorigen Raum wieder einnehme; daß diese Raumverminderung aber nicht so beträchtlich, wie bei den Luftarten ist, darf einen nicht wundern, da die tropfbaren Flüßigkeiten schon beträchtlich verdichtet sind, und wir wissen, daß bey der Luft, wenn sie beträchtlich verdichtet ist, die Raumverminderung lange nicht mehr in Verhältniß des Drucks zunimmt; ja deutet nicht selbst die große Kraft, die nothwendig ist, um Körper von so geringem specifischen Gewicht, wie die meisten tropfbar flüßigen sind, zusammenzudrücken auf eine innere Expansivkraft hin? 2tens verbreiten sich zwarn die tropfbaren Flüßigkeiten nicht nach oben, so wie sich etwa die Luft ans einem tiefern Gefäße in ein höheres, aus dem man die Luft wegnähme, verbreiten

würde. Aber man muß bedenken, daß dieser Verbreitung nach oben vorzüglich zwei Kräfte entgegenwirken, nämlich die Schwere, und die Kohäsion der Wassertheilchen. Wenn wir uns bis an die Gränze der Atmosphäre erheben könnten, wo die Schwere, und Kohäsion der einzelnen Luftschichten ihrer Elasticität das Gleichgewicht halten, so würde uns die Luft tropfbar vorkommen. Das nämliche würde geschehen, wenn wir in einem Gefäß die Luft bis zu dem eben gedachten Grade verdünnt hätten; In diesem Falle könnte der untere Theil des Gefäßes voll Luft seyn, und der obere nicht. Wenn man das Wasser zusammenpreßt, so dehnt es sich nach aufgehobenem Druck ebenfalls nach allen Seiten aus, nur erreicht es den höchsten Grad der Ausdehnung, den es vermöge der ebengenannten Kräften erreichen kann, weit eher, als die Luft. Dieses hindert aber nicht, daß das Wasser wenn es in einem Gefäße eingeschlossen ist, und von einer Kraft afficirt wird, sich nach allen Richtungen mit gleicher Stärke auszudehnen strebe, denn so lange das Wasser eingeschlossen, und durch einen Druck in einem gewißen Grade der Spannung erhalten wird, so, daß es nach keiner Seite ausweichen kann, so lange kann weder die Schwere, noch Kohäsion der Expansivkraft einigen Eintrag thuen. Die Kohäsion der Wassertheilchen ist zwarn bei weitem so gering nicht, als man gewöhnlich glaubt. Ich hieng ein verzinntes Eisenblech, das ungefähr 3 Zoll im quadrat hielt, über Wasser horizontal auf, und nachdem ich es an der Wage ins Gleichgewicht gebracht hatte, ließ ich es eben die Oberfläche des Wassers berühren. Es foderte weit über die Kraft einer

Unze, um das Blech vom Wasser loszureißen. Man sieht aus diesem lang bekannten Versuch, daß es gewagt ist, alle Phänomene der flüssigen Körper auf die Abwesenheit der Kohäsion zurückführen zu wollen; so groß indessen auch die Kohäsion des Wassers seyn mag, so verschwindet sie doch, so lange dasselbe auf allen Seiten von Wasser umgeben ist. In diesem Falle wird nämlich jedes Theilchen nach allen Seiten gleich stark gezogen, und dieses scheint die eigentliche Wirkung des Wärmestoffs auf die flüßigen Körper zu seyn, daß er nicht so sehr den Zusammenhang der einzelen Theilchen schwächt, als den Zusammenhang der Masse: jedes noch so kleine Theilchen des flüßigen Körpers wirkt als eine besondere Masse, sie haben aber keinen gemeinschaftlichen Mittelpunkt mehr, und folglich ist innerhalb der Masse selbst die Kohäsion Null. Ein Körper, dessen absoluter Zusammenhang den höchsten Grad erreichte, könnte ein volkommen flüssiger sein. Seine Elemente würden sich so gegen- und nebeneinander bewegen, wie in einer ganz mit Wasser gefüllten, und verstopften Flasche die Wassertheilchen. Man wird hieraus ersehen warum das Wasser, welches bey einer Temperatur, die noch einige Grade unter dem Siedepunckt ist, noch vollkommen als tropfbar flüßiger Körper wirkt, bis zum Siedepunkt erhizt, plözlich sich zum elastischen umändert; ist nämlich die Elasticität des Wärmestoffs einmal so weit verstärkt, daß dieselbe die Kohäsion, und Schwere der Wassertheilchen überwindet, so nimmt das Uebergewicht desselben immer um so mehr zu, je weiter sich der Dampf ausbreitet, denn um so mehr nimmt die gegenseitige Anziehung der

Wassertheilchen ab. Es ist der nähmliche Fall, wie mit einer Bombe, die, wenn einmahl die Kraft des Pulvers den Zusammenhang des Metalls überwunden hat, plötzlich auseinander springt. Daher breitet sich auch der Dampf des kochenden Wassers in einen so ungeheuren Raum aus, so wie er sich dann nach Muschenbroek in einen 1400mahl größeren Raum verbreitet; Daher giebt eine Temperatur Erhöhung von einigen Graden dem Wasser eine Kraft, welche diejenige der Luft bey weitem übersteigt; aber die Kraft des verdichteten Wasserdampfs kann nicht in dem nähmlichen Grade zunehmen, wie die der verdichteten Luft; so wie die Erfahrung denn wirklich lehrt, daß der Wasserdampf, wenn er durch eine hinlängliche Kraft zusammengedrückt wird, wieder zur tropfbaren Form zurückkehrt. — Was ich bis hierhin von der plötzlichen Verwandlung des Wassers in Dampf gesagt habe, versteht sich natürlich nur von dem Falle, wenn das Wasser von hinlänglich warmen Körpern umgeben ist, die den Temperatur-Verlust, die der Dampf durch seine Ausdehnung leidet, schnell genug wieder ersetzen können; Ist dieses nicht, so ist es möglich, daß sich der Dampf mit äußerst geringer Kraft ausbreite. Hierin scheint mir der Grund eines Phänomens zu liegen, welches schon lange die Physiker in Verlegenheit setzte, nähmlich die Bemerkung, daß im luftleeren Raume mehr Wasser verdünste, als in der Luft. Man hat dieses als einen Einwurf gegen die Auflösungs-Theorie angeführt, aber mit Unrecht; denn man nahm als Maaß der Auflösungskraft des leeren Raumes (wenn ich mich so ausdrücken darf) das niedergeschlagene Wasser an;

Offenbar aber ist die Auflösungskraft eines Menstruums um so stärker, je weniger es sich von dem aufgelösten Körper durch andere Körper, wie hier die Wände der Glocke, unter welcher der Versuch angestellt ward, entziehen läßt. Mir scheint vielmehr das Wasser im luftleeren Raum sich in einen elastischen Dampf zu verwandeln; doch kann diese Dampfverwandlung erstens nur auf der Oberfläche geschehen, weil das untere Wasser durch die darüber befindliche Wassersäule zusammengedrückt wird; 2tens muß sie auch äusserst langsam vor sich gehen, weil der Wasserdampf, wenn er sich mit seiner gewöhnlichen Schnelligkeit ausbreitet, eine ausserordentliche Menge Wärme verschluckt, welche in diesem Falle die umgebenden Körper nicht hergeben können. Herr de Luc in seinen recherches sur les modifications de l'atmosphere behauptet, daß das Wasser im luftleeren Raume nicht eher, als beim 78ten Grade des Reaumurschen Thermometers koche. Es war diesem geübten Beobachter nicht entgangen, daß das Wasser oft schon weit eher aufzuwallen anfieng, und zu kochen schien, aber eben, weil dieses aufwallen gewöhnlich bald aufhörte, glaubte Herr de Luc, daß es kein wahres kochen seye. Wenn man aber bedenkt, daß le Monnier auf dem Canigou in den Pyrenäen, wo das Barometer noch 29 Zoll 2½ Linie stand, den Siedepunkt schon um 9 Reaumürsche Grade tiefer fand, als im Thale, so wird man geneigt den Versuch des Herrn de Luc, welcher den Siedepunkt des Wassers im luftleeren Raume bis auf den 78ten Grad setzt, fremden Ursachen zuzuschreiben. Und hierhin gehört dann erstens, daß der schon gebildete Dampf auf das Wasser drückt,

und zweitens, daß durch die Verdampfung den umgebenden Körpern zu viel Wärmestoff entzogen wird, wodurch das baldige Aufhören des siedens sich leicht erklärt. — Herr de Luc versicherte sich umsonst durch ein Thermometer, daß das Wasser noch den nämlichen Grad der Wärme beim aufhören als beim Anfang des Aufwallens hatte, denn die Wärme des Wassers wird nicht so sehr durch das sieden geschwächt, als die Wärme der umgebenden Körper; und diese ist es auch, die das sieden bewirkt; denn, wenn Wasser in einem metallenen Gefäße kocht, so kann man die Hand ganz unbeschädigt unter das Gefäß halten, obschon man sie keineswegs ins Wasser tauchen kann. *) Daß aber vorzüglich die leztere der hier angegebenen Ursachen die richtige seye, erhellet daraus, daß, wenn man das Wasser erkalten läßt, und nachher wieder erhitzt, es bei einem geringeren Grade der Hitze wieder aufzuwallen anfängt, als den es schon einmal ausgehalten hatte; in der Zeit des Erkaltens hat sich die Wärme in den umgebenden Körpern wieder gesammelt.

Ich glaube in diesem Kapitel die Elasticität der tropfbar flüßigen Körper hinlänglich gezeigt zu haben; wenn man dieselbe annimmt, so lassen sich alle Phänomene der flüssigen Körper sehr leicht, und ungezwungen erklären. Man kannte dieselbe zwar schon lange. Doch glaubte man nicht, daß von derselben fast alle Phänomene der flüßigen Körper abhangen Wenn die älteren Naturforscher die Phänomene erzählen, welche die Elasticität des Wassers bewirkt, so schreiben sie dieselben

*) Ich habe die Ursache hiervon im vierten Kapitel näher untersucht.

mehr der Federkraft der Wasser-Elemente, als der Elasticität der Masse zu. So erklären sie den bekannten Versuch, daß man eine Degenklinge auf dem Wasser zerschlagen kann, so das gewöhnliche Kinderspiel der Knaben, die einen flachen Stein, den sie unter einem scharfen Winkel auf das Wasser werfen, über dasselbe hinhüpfen machen. Diesem nach würden also wohl die Elemente des Wassers federhart, aber nicht das Wasser elastisch seyn. Ich werde auf diesen Punkt unten noch einmal zurückkommen. Hier mag zum Beweis, daß die Wassertheilchen nicht merklich hart, also auch wohl nicht federhart sind, die Beobachtung genügen, daß in Röhren, wodurch dasselbe Jahre lang mit der äussersten Schnelligkeit strömt, dasselbe niemals das geringste Merkmal von Politur oder sonst irgend eines mechanischen Angrifs auf die Wände zurückläßt.

Zweites Kapitel

Ueber die festen Körper.

So wie zur Bildung der flüßigen Körper eine Kraft nöthig ist, die den Zusammenhang der Theile nach allen Richtung n zu trennen strebt; eben so ist auch zur Bildung der festen eine entgegengesezte (eine koerzirende) nöthig, die jener beständig entgegenwirkt. Auf der verschiedenen Wechselwirkung dieser Kräfte scheint der verschiedene Grad der Festigkeit zu beruhen. Es ist bekannt, wie viele Meinungen die Naturforscher über die Ursache der Festigkeit aufgestellt haben. Als der große Newton das Gesez der Attraktion für die Himmelskörper bewies, war es wohl natürlich zu schließen, daß die kleineren Massen das nämliche Gesez befolgen würden, und daß allso die nämliche Kraft, die das Weltall zusammenhält, auch die Theile des kleinsten Staubes verbinde. Aber die Erfahrung widerspricht offenbar dieser Meinung, denn die Körper müssen demzufolge um so fester seyn, je dichter sie sind. Obschon es aber nun erwiesen zu sein scheint, daß die Festigkeit der Körper nicht gänzlich von der allgemeinen

Attraktion abhange, so könnte es doch wohl seyn, daß sie auch einigen Theil daran hätte, oder wenn wir auch eine andere blos in der specifischen Natur der Körper gegründete Anziehungskraft als einzige Ursache der Festigkeit annehmen wollten, so könnte diese leztere doch in Hinsicht ihrer Ab- oder Zunahme bei verschiedenen Entfernungen den nämlichen Gesezen folgen, wie die allgemeine Attraktion. — Es scheint freilich eine gewagte der Analogie gänzlich widersprechende Behauptung zu seyn, die der allgemeinen Attraktion allen merklichen Antheil an der Festigkeit abspricht; doch scheint mir selbige der Erfahrung am gemäßesten zu seyn; denn die Theile eines getrennten Körpers äussern auch bei der genauesten Berührung keinen merklichen, mit ihrer ehemaligen Kohärenz nur vergleichbaren Zusammenhang. Man kann mir hier wohl nicht das bekannte Experiment entgegenstellen, daß zwei abgeschliffene Marmorplatten mit beträchtlicher Kraft zusammenhängen, denn erstens liegt der Grund dieser Kohäsion wohl mehr in der specifischen Natur des Marmors, als in der Dichtigkeit der Masse, und zweitens wird dieser Zusammenhang nur durch die Dazwischenkunft eines flüßigen Körpers stark, daß also mehr der Zusammenhang des flüßigen Körpers mit dem Marmor, als der Marmorplatten unter sich dieses Phänomen bewirkt. Die allgemeine Attraktion aber richtet sich in Hinsicht ihrer Intensität blos nach der Entfernung, und wenn bei einmal veränderter Entfernung der Körper zu dem vorigen Punkte zurückkehrt, so stellt sich die Attraktion in ihrer vorigen Intensität wieder her.

Die Naturforscher, welche diese Schwierigkeit einsahen, suchten sie dadurch zu heben, daß sie annahmen, wir könnten die Theile eines getrennten Körpers nie wieder bis zur genauen Berührung bringen, und bei kleinen Entfernungen wachse die Intensität der Attraktion mit der Abnahme der Entfernung weit stärker als bei großen — Bis zur genauen Berührung mögen wir die Theile eines getrennten Körpers nun freilich wohl nicht bringen können, denn auch in ihrer natürlichen Verbindung haben die Theilchen eines jeden Körpers Zwischenräume, und wir haben nicht Ursache zu glauben, daß wir die Theile eines Körpers sich einander näher bringen können, als sie es in dem Zustande des Zusammenhanges sind. Aber ich sehe doch auch nicht ein, was uns hindern könnte ihre Annäherung nach der Trennung eben so weit zu treiben, als sie es vor der Trennung war; doch nicht etwa eine abstoßende Kraft, welche die Körpertheilchen gegeneinander ausüben; denn warum sollte diese durch die Trennung geweckt werden. Die Luft könnte freilich dieses wohl bewirken, aber im luftleeren Raume laßen sich die Theile eines Körpers eben so wenig vereinigen, als in der Luft. Ja selbst wenn wir diese Meinung annehmen wollten, so ist es doch unwahrscheinlich, daß wir die Annäherung der Körper nicht so weit treiben könnten, daß die Wirkungen der Attraktion sich nicht stärker äusserten, als wir sie wirklich sehen; man müßte denn annehmen, daß die Intensität der Attraktion bei kleinen Entfernungen in sehr großen Potenzen abnehme; Aber alsdann gieng auch die schöne Einheit des Attraktions

Gesezes verloren; und dieses große Band um die gesammte Natur zu schlingen, war doch wohl der Zweck der Naturforscher, die die Rechte der allgemeinen Attraktion mit so vielem Scharfsinn vertheidigten. — Mir kömmt es vielmehr wahrscheinlich vor, daß die Stärke der Attraktion, die bei größeren Entfernungen immer mit der Abnahme der Entfernung wächst, endlich ihr maximum erreiche, und demnächst mit Abnahme der Entfernung ebenfalls abnehme, bis sie endlich verschwindet, und bei noch größerer Annäherung der Theile in eine repulsiv Kraft übergeht. Erstens scheinen die Phänomene durchaus dieses zu fordern, und zweitens haben wir Beispiele fast bei allen Anziehungen, wo die Stärke derselben anfangs mit der Abnahme der Entfernung zu, und nachher wieder abnimmt. Geht nicht die Anziehungskraft, welche die Theile der festen Körper verbindet, bei allzugroßer Annäherung der Theile in eine abstoßende über? Stoßen sich nicht die elecktrisirten Körper, die vor der Berührung einander anzogen, nach derselben wieder ab. — Die Gravitation scheint hier analog mit den chemischen Kräften zu wirken, bei allzugroßer Annäherung nähert sie sich gleichfals dem Grade ihrer Sättigung. Nähert man aber die Theile einander zu sehr, alsdann hat die Anziehungskraft den Grad ihrer Sättigung schon überschritten, sie geht also in eine Repulsivkraft über, so wie sich ein Körper aus einer übersättigten Auflösung niederschlägt, ohne daß es nöthig ist, ausser der Auflösungskraft eine eigene niederschlagende anzunehmen. Man denke sich einen Körper, der von einem Ende der Erdoberfläche

durch den Mittelpunkt der Erde nach dem entgegengesezten Ende fiel. Ditser Körper würde nach der gewöhnlichen Meinung, bis er den Mittelpunkt der Erde erreichte, immer mit stärkerer, und stärkerer Kraft nach demjenigen Theile der Erdoberfläche hingetrieben, wohin er fiele, kaum aber hätte er sich wieder von dem Mittelpunkt der Erde auch nur um einen unnennbar kleinen Weeg entfernt, so würde er plözlich mit ungeheurer Kraft nach der entgegengesezten Richtung zurück gezogen. Ist es aber wohl wahrscheinlich, daß es einen so ungeheuren Sprung in der Natur gebe? sollte die Kraft, die zwei Punkte nach entgegengesezten Richtungen zieht, um so mehr zunehmen, je näher diese Punkte sich einander berühren? Ich freue mich sagen zu können, daß der unsterbliche Kant mit mir der nämlichen Meinung war. Er führt in seiner phisischen Geographie ein merkwürdiges hierhin gehöriges Phänomen an. „Man sieht, sagt er, in den tiefen Schäch„ten der Bergwerke Menschen große Lasten fortbewegen, „die sie auf der Oberfläche der Erde nie zu bewegen „im Stande sind.“ Obschon ich mich selbst viel in den Bergwerken aufhielt, so kann ich doch die Richtigkeit dieses Phänomens nicht als Augenzeuge bekräftigen, aber es ist doch schwer, der Kantischen Behauptung allen Glauben abzusprechen, und ich werde die erste Gelegenheit benutzen, dieses wichtige Phänomen näher zu untersuchen. So wie ich so eben zeigte, daß die Attraktion bei allzu großer Abnahme der Entfernung abnimmt; so läßt sich ebenfalls erweisen, daß dieselbe bei mäßiger Zunahme der Entfernung zunimmt Man nehme einen Metalldraht, und spanne denselben durch Gewichte, so

wird derselbe, ehe er zerreißt, sich ausdehnen, und dann erst wenn die Ausdehnung durch Vermehrung der Gewichte einen gewissen Grad überschritten hat, wird er reißen. wäre die Kohäsion des gedehnten Drathes nicht stärker, als die des ungedehnten, wo doch die Entfernung der Theile geringer ist, so müßte jede Kraft, die im Stande wäre, den Drath im geringsten zu dehnen, ihn auch zerreißen. Ich glaube, daß dasjenige, was ich bis hieher von der Abnahme der allgemeinen Attraktion bei sehr kleinen Entfernungen sagte, von allen übrigen Anziehungen gilt; und zwarn scheint die Repulsivkraft bei Abnahme der Entfernung um so langsamer zuzunehmen, je langsamer die Attraktion bei Zunahme der Entfernung abnahm. Anziehungskräfte, die einen sehr beschränkten Kreis ihrer Thätigkeit haben, gehen bei einer kleinen Annäherung der Theile in eine Repulsivkraft über. Die harten Körper, deren Theile bei der geringsten Entfernung von einander sich trennen, lassen sich auch nicht zusammendrücken, oder sucht man sie mit Gewalt zusammenzudrücken, so geht die Anziehungskraft in eine abstossende über, und der Körper zerspringt in Stücke. Die dehnbaren Metalle hingegen lassen sich auch hämmern, oder zusammendrücken. Ueberhaupt lassen sich alle Körper die sich ausdehnen lassen, stets auch zusammenpressen. Aus dem bisher gesagten kann man, wie ich glaube, mit großer Wahrscheinlichkeit folgern, daß die allgemeine Attraktion keinen merklichen Antheil an der Festigkeit der Körper habe, es bleibt uns allso wohl anders nichts übrig, als die Ursache der Festigkeit in der specifischen Natur der Körper zu suchen. Dieselbe dem Druck einer flüssi-

gen Masse, die nach der Verschiedenheit der Körper auch verschiedentlich auf sie drücke, zuzuschreiben, ist ganz unwahrscheinlich. Der gänzlichen Trennung der Theile könnte wohl der Druck dieser unbekannten Flüssigkeit widerstehen, aber sie könnte nicht verhindern die Theile über einander zu verschieben; so wie es eine große Kraft erfordert, zwei abgeschliffene Marmorplatten nach einer auf ihre Fläche senkrechten Richtung von einander zu reißen, da sich selbige doch leicht nach einer mit ihrer Fläche parallelen Richtung übereinander bewegen lassen. Die Analogie gebiethet vielmehr die Ursache der Festigkeit der kleinen Körper in eine derjenigen ähnliche Kraft zu legen, die die ungeheuren Massen der Weltkörper zu einem ganzen verbindet, und dieses ist die Anziehungskraft. Die Natur ist sparsam in der Anwendung ihrer Kräfte, sie bringt die entgegengesezten Wirkungen oft durch die nämliche Kraft hervor, so treibt die Schweere eigentlich die Körper niederwärts, und doch würde das Wasser in den Pumpen nicht steigen, wenn die Luft nicht schweer wäre; und darin besteht eigentlich die große Kunst des Naturforschers, die feine Windungen und Verknüpfungen des Fadens zu verfolgen, der in einem Zuge so viele verschiedene Maschienen ie Bewegung sezt; auch dann ist hiermit schon ausserordentlich viel gewonnen, wenn selbst am Ende die Kraft, die den Faden in Bewegung sezt, ein Geheimniß bleibt; so ist z. B. die Schweere eben so wohl eine qualitas occulta, als der Abscheu vor dem leeren Raume. Aber wenn uns auch die Phänomene zwingen, den Wirkungskreis einer Kraft nur bis auf einen gewissen Punkt auszudehnen, so müßen wir doch

die Kräfte in so fern uns ähnlich denken, als es die Wirkungen sind. Die Naturkräfte stehen alle in einer merkwürdigen Verbindung untereinander, * sie bilden Glieder einer Kette, deren eines man ohne das andere nicht recht erkennen kann. Man denke nur, wie ähnlich sich die Wirkungen der Elektricität und des Magnetismus sind, wie ähnlich die Phänomene der Adhäsion, und der chemischen Verwandschaft. So scheint es auch mit der Anziehungskraft zu seyn; dort wo die Gravitation aufhört die Weltkörper in einem ungeheuren Ganzen zusammen zu halten, fängt eine ähnliche blos von der Natur der Körper abhängige Kraft an die Atome desselben wieder zu besondern Systemen zu verbinden. Dieses zur Rechtfertigung gegen diejenigen, welche den Gebrauch des Wortes: Anziehungskraft, einen leeren Deckmantel unserer Unwissenheit nennen; denn verhält es sich nicht eben so mit der Schweere? aber die Kunst erfand daß Wort um eine Menge verschiedener, doch aber von der nämlichen Kraft abhängiger Phänomene unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt zu bringen, so, daß es izt vielleicht nur noch eines glücklichen Ungefährs bedarf um uns über die wahre Beschaffenheit und Wirkungsart dieser Anziehungskraft aufzuklären, und wir haben den umfassendsten Blick über das ganze Univer-

*) Hierauf bezieht es sich doch wohl, wenn man sagt: diese oder jene Erklärung ist natürlich, diese oder jene ist unnatürlich. Natürlich nämlich ist eine Erklärung, die dem zu erklärenden Phänomen eine Kraft unterlegt, deren Wirkungsart sich an diejenige anderer schon bekannter Kräfte als analoge Erscheinung anreiht; Sonst nennen wir sie unnatürlich.

sum, sowohl als über jeden einzelnen Theil desselben gethan. – Wir wollen uns also izt bemühen, die Geseze der besondern Attraktiou zu untersuchen, und sie mit der Gravitation zu vergleichen. — Das erste Phänomen, das sie von der Gravitation unterscheidet, ist, daß die Theile eines festen Körpers nach der Trennung gar nicht mehr zusammen hängen. Die Attraktion der verbundenen Körper scheint sich wechselseitig so zu beschäftigen, und zu binden, daß sie auf keinen andern Körper mehr wirkt. Was aber diese Meinung vorzüglich wahrscheinlich macht, ist, daß die getrennten Theile eines Körpers dann erst sich wieder zu einem gemeinschaftlichen Ganzen verbinden, wenn der Zusammenhang der zu vereinigenden Theile aufgehoben worden d. h. wenn die Körper flüssig gemacht wieder erkalten; zur Bestättigung des bisher gesagten kann ich noch hinzufügen, daß ein fester Körper, obschon er einen andern festen nicht merklich anzieht, doch mit einem flüssigen sehr stark zusammenhangen kann. Bei zwei festen Körpern nämlich ist die Attraktivkraft sowohl des anziehenden, als des anzuziehenden Körpers gebunden, da hingegen dieses bei der Einwirkung eines festen auf einen flüßigen nur bei einem statt findet. Ich habe zwar das bisherige als einen Unterschied in der Wirkungsart der besonderen Attraktion, und der Gravitation angemerkt, doch ereignet sich auch bei der Gravitation etwas ähnliches, obschon nicht in dem nämlichen Maaße. Denn würde wohl das Wasser bei der Fluth an demjenigen Theile der Erdoberfläche, die am weitesten vom Monde absteht, steigen, wenn nicht die Anziehungskraft der Erde gegen

das Wasser, durch die Anziehung des Mondes beschäftigt minder auf dasselbe wirkte? Aber die Entfernungen, in denen die Gravitation wirkt, sind zu groß, als daß die Anziehungskraft eines Körpers so vollkommen durch diejenige eines andern gebunden, und unwirksam gemacht werden könnte, als wir dieses bei dem Zusammenhange der festen Körper bemerken. Der zweite Unterschied, der sich in den Wirkungen der Gravitation, und der besondern Attraktion zeigt, besteht darin, daß die Gravitation nur nach der Richtung derjenigen Linie wirkt, welche die Mittelpunkte der beiden aufeinander wirkenden Körper verbindet, die besondere Attraktion hingegen jeder Trennung der verbundenen Theile sie geschehe nach einer Richtung, nach welcher sie wolle, gänzlich widerstehe. So kostet es z. B. den Widerstand der Reibung bei Seite gesezt, gar keine Mühe das gröste Gewicht auf einer horizontalen Unterlage zu bewegen, da hingegen eine sehr große Kraft erfordert wird die Theile eines festen Körpers übereinander zu verschieben. Dieser Unterschied scheint vorzüglich in zwei Ursachen seinen Grund zu haben; man denke sich einen Cylinder A. B. Fig. 1. dessen Theile man nach der Richtung a. b. übereinander wegschieben wollte: da die wechselseitige Anziehungskraft der Theile nach einer auf a. b. senkrechten Richtung wirkt, so könnte dieselbe eigentlich einer nach a. b. wirkenden Kraft gar nicht hinderlich seyn. Aber man muß bedenken, daß die Elemente auch noch solide Maßen sind, und eigentlich wird die Attraktion doch nur von der Entfernung der Mittelpunkte dieser Elemente abhangen. Es ist aber natürlich, daß bei der geringsten Verschiebung die An-

ziehung der Mittelpunkte auf die Richtung a. b. schief zu wirken, und folglich den zu verschiebenden Körper zurückzuhalten anfängt. Man siehe Fig. 2. Erwägt man hierzu, was ich eben von der wechselseitigen Bindung der Attraktivkraft bei festen Körpern sagte, daß nämlich die Attraktivkraft der einmal verbundenen Elemente nicht sogleich durch die Annäherung von andern aufgehoben werde; so wird dieser wichtige Unterschied in der Wirkungsart der Gravitation, und der besondern Attraktion leicht erklärbar. Das bisher gesagte mag zur Bestättigung meiner obigen Behauptung dienen, daß das Zusammenhängen von zwei abgeschliffenen Marmorplatten viel mehr der Cohäsion mit der dazwischen befindlichen Flüssigkeit, als der Platten selbst zuzuschreiben sey. Man suchte den Grund, warum das Dazwischenbringen einer Flüssigkeit den Zusammenhang der Platten verstärkt, darin, daß die Theile der Flüssigkeit sich in die etwaigen Vertiefungen, und Unebenheiten der geschliffenen Marmorplatten einsezen, und dadurch die Platten in mehreren Punkten zur Berührung brächten, als es ohnedem geschehen wäre; aber es bleibt erstens schwer zu glauben, daß sich eine Flüssigkeit, die den Marmor nicht angreift, in die Poren desselben einziehen könne, denn sie müßte alsdann auch mit der Zeit durch die ganze Masse des Marmors durchschwizzen, und zweitens wird diese Meinung auch dadurch widerlegt, daß gerade die zähesten Flüssigkeiten den Zusammenhang der Platten am meisten verstärken. Was dieses aber noch mehr bestättigt, ist die Leichtigkeit womit die Platten sich übereinander wegbewegen

lassen; man erinnert sich aus dem vorigen Kapitel, daß die Theile der flüssigen Körper ebenfalls sich mit der größten Leichtigkeit übereinander wegschieben, aber nicht ohne Anstrengung einer beträchtlichen Kraft gänzlich von einander trennen lassen.

Der vierte endlich, und bei weitem merkwürdigste Unterschied in der Wirkungsart der Gravitation, und der besonderen Anziehungskraft ist dieser: Daß die Intensität der Gravitation, die sich blos nach der Entfernung und Masse richtet, durch die Zeit weder eine Vermehrung noch Verminderung erleide, ein fester Körper hingegen, der durch eine äußere Kraft eine Zeit lang entweder in einem gewaltsamen Grade der Ausdehnung, oder Zusammenpressung gehalten wird, endlich auch nach aufgehobener Kraft, in dem nämlichen Zustand verbleibt. Ich werde mich izt bemühen, dieses wichtige Phänomen, so viel ich kann, zu erklären. Der Zustand eines jeden Körpers wird durch das Gleichgewicht von zwei Kräften, der Expansivkraft des Wärmestoffs, und der Attraktivkraft der Körpertheilchen unter sich bestimmt. Bei einer absoluten Kälte würden die Theilchen sich einander bis zu der Gränze nähern, wo die Attraktivkraft null wird, oder über welcher hinaus sie sich schon in eine Repulsivkraft verwandelt. Die Erfahrung lehrt auch, daß alle Körper in der Kälte sich zusammenziehen; auch werden alle Körper in der Kälte brüchiger. Die Theilchen nähern sich nämlich der größtmöglichsten Gränze ihrer Zusammenpressung, die Kraft allso, die sie noch mehr zusammen zu drücken strebt, hebt ihren Zusammenhang gänzlich auf. Aus diesem wird begreiflich, warum bei so vielen gewaltsa-

men Zusammenpressungen eine Erhizung statt findet. Denn wenn ein Körper zusammengepreßt wird, so wird durch die allzugroße Annäherung der Theile die Attrakkraft geringer, derjenige Antheil Wärmestoff allso, der zur Ueberwindung dieser Kraft nöthig war, wird nun fürs Thermometer bemerkbar. Hat er sich aber einmal den umgebenden Körpern mitgetheilt, so ist die Ursache, die den Körper wieder zu der vorigen Ausdehnung zurückbringen könnte, nicht mehr vorhanden. Er bleibt allso in dem einmal angenommenen Zustande. Indessen diente diese Erklärung nur für diejenigen Fälle, wo bei Zusammendrückung des Körpers eine merkliche Erhitzung statt findet. In den anderen Fällen scheint vielmehr die Zusammenpressung, die an dem zu nächst angegriffenen Punkte statt findet, sich mit der Zeit durch den ganzen Körper so zu vertheilen, und überhaupt die Theilchen des Körpers sich also zu ordnen, daß auch bei einem geringen Verlust an Wärmestoff der Körper seine Gestalt-Veränderung beibehalten muß. — Eben so ist es zu erklären, warum die Körper den Grad ihrer Ausdehnung am Ende beibehalten; überhaupt aber ist es bekannt, daß die wenigsten festen Körper sich beträchtlich ausdehnen laßen, sie verlieren gewöhnlich das, was sie an einer Dimension gewinnen, an der andern. Wenn gewundene Stricke, und dergleichen Körper sich beträchtlich dehnen laßen, so ist das immer mit einer Abwindung derselben verbunden.

Dieses wären ungefähr die merkwürdigsten Unterschiede, die wir in der Wirkungsart der Gravitation, und der besondern Attraktion bemerken; man könnte

noch die Frage aufwerfen, ob dann die Wirkungen der besonderen Attraktion gar nicht in einer für uns wahrnehmbaren Entfernung bemerkbar wären, ich will hier außer den Versuchen von Coulomb, von denen ich es dahingestellt seyn lassen will, ob sie von der Gravitation, oder der besondern Attraktion abhangen, eines merkwürdigen Phänomens erwähnen, das schon Muschenbrök *) bemerkte. Man laße in ein Haarröhrchen einen Tropfen Wasser, halte nun das Röhrchen horizontal, oder auch ein wenig geneigt, man wird den Tropfen sich so lange horizontal, oder aufwärts bewegen sehen, bis er ungefähr die Mitte der Röhre einnimmt. Muschenbrök sagt zwarn, man müße die Röhre horizontal halten, aber auch bei einer ziemlich merklichen Neigung der Röhre gelingt der Versuch. Offenbar hängt dieses Phänomen von der Wirkung der entfernteren Theilchen der Röhre ab, und der Tropfen bewegt sich so lange, bis sich die Anziehung der dies- und jenseits liegenden Theilchen der Glasröhre aufhebt. Man kann auch nicht argwohnen, ob etwa auch hier die Gravitation wirksam seye, denn die ganze Wirkung der Haarröhrchen hängt bloß von der specifischen Natur der Körper ab. —

Ich glaube in dem bisherigen bewiesen zu haben, daß die Attraktion den allgemeinen Grund der Festigkeit bestimme; aber der Ausdruck Festigkeit begreift eine so große Menge verschiedener Eigenschaftən nnter sich, daß es nöthig ist die Naturkörper in dieser Hinsicht in mehrere Klassen zu ordnen, und die Folge wird lehren, daß ein Körper, der in der einen Klasse allen andern

*) Man sehe: Muschenbrœk de tubis capillaribus.

vorangeht, oft nur einen sehr untergeordneten Rang in der andern behaupte.

Unter absoluter Festigkeit versteht man denjenigen Widerstand, den zwei verbundene Körperelemente einer Kraft entgegensetzen, welche sie nach der Richtung ihrer Verbindungslinie zu trennen strebt. — Das Maaß der absoluten Festigkeit eines Körpers wird allso durch das Gewicht bestimmt, welches hinreicht, um den eben genannten Wiederstand zu überwinden. Ehe aber ein Körper reißt, dehnt er sich gewöhnlich etwas, und die Anziehungskraft der Körperelemente gegeneinander wird durch diese Zunahme der Entfernung ebenfalls größer, denn würde sie nicht größer, so würde die Ausdehnung ohne Ende fortgehen, d. h. der Körper würde reißen. Man sieht hieraus, daß das Gewicht, welches erfodert wird, um die Theile eines Körpers zu trennen, eigentlich nur das Maaß der Festigkeit für diejenige Entfernung der Körperelemente von einander bestimmt, wo die Anziehungskraft in ihrer größten Intensität ist; der Körper fährt nämlich, wenn man immer mehr und mehr Gewicht an ihn hängt, so lange fort, sich zu dehnen, bis die Attraktivkraft ihr maximum erreicht hat; hängt man noch mehr Gewicht an ihn, so reißt er. Diese Ausdehnung der Körper vor ihrer Trennung macht aber die Vergleichung, die man zwischen der Festigkeit zwei verschiedener Körper anstellen könnte, etwas unsicher. Nämlich das Gewicht, welches nöthig ist, einen Körper zu zerreißen, wird nicht allein durch die absolute Festigkeit jedes Körperelements, sondern auch durch die Menge dieser Theile bestimmt; bei der Vergleichung der Festigkeit von zwei verschiedenen Kör-

pern muß allso die Anzahl der zu trennenden Theile entweder gleich gewesen seyn, oder man muß die Rechnung auf den Fall der Gleichheit zurückführen können. weil aber ein Körper sich vor dem Reißen mehr dehnt, als der andere, so ist es fast unmöglich, dafür gänzlich gut zu stehen. Aus dem bisher gesagten folgt, daß, wenn man das Gewicht, das nöthig ist, einen Körper zu zerreißen (P.) die Fläche in der er reißt (F.) und sein specifisches Gewicht (Q.) nennt, seine absolute Festigkeit durch den Bruch $\frac{(P.)}{(F.\,Q.)}$ ausgedrückt werde; man pflegt zwarn gewöhnlich den lezten Divisor (Q.) wegzulaßen, und den Quotienten $\frac{(P.)}{(F.)}$ als das Maaß der Festigkeit zu betrachten; und doch ist es sehr natürlich dem Divisor (Q.) diesen Plaz zu gönnen, denn ein Körper von dem doppelten specifischen Gewicht berührt sich bei der nämlichen Fläche in noch einmal so vielen Punkten, als ein anderer. — Wenn man mit Rücksicht auf das so eben gesagte die Körper in Hinsicht ihrer absoluten Festigkeit ordnete, so würden die mehresten einen ganz anderen Plaz, als gegenwärtig erhalten.

Einige glauben, daß außer der Trennungsfläche auch noch die Länge des Körpers einen merklichen Einfluß auf das Gewicht habe, wodurch er zerrißen wird, und zwarn soll der längere Körper mehr tragen, als der kürzere. Ich kann indeßen dieser Meinung nicht beistimmen Denn, was sollte der Grund dieses Phänomens seyn? glaubt man etwa, der Grad der Spannung würde sich bei einem längeren Körper auf mehrere Punkte vertheilen, und folglich jeder einzelne nicht so stark gespannt seyn? aber man würde irren, denn bei

einem gespannten Körper gibt der nachfolgende Punkt eigentlich nur den Nagel ab, woran der vorhergehende befestigt ist, so wie dieser Nagel aber durch das ganze Gewicht beschwert wird, welches den Körper spannt, so wird es auch jeder Punkt in dem Körper selbst. — Oder sollten etwa die entfernteren Elemente eines Körpers auch einige Wirkung aufeinander äußern, und deswegen, wie sich mit der Länge die Anzahl der Elemente vermehrt, auch die Cohäsion zunehmen? aber man weiß, wie schwach sich die Wirkungen der Attraktion in der Entfernung äußern, so daß man der empfindlichsten Werkzeuge bedarf, um ihre Existenz gewahr zu werden; wenn also auch das Gewicht, das nöthig ist, die Cohäsion zu überwinden, mit der Länge etwas zunehmen sollte, so geschieht dieses in einem so geringen Grade, daß es gegen das ganze Gewicht völlig verschwindet.

Ich muß hier noch eines besondern Einwurfes erwähnen, den einige gegen das so eben gesagte gemacht haben. Sie glauben nämlich, ein Körper, dessen Zusammenhang in allen seinen Punkten gleichförmig seye, könne durch keine Kraft zerrissen werden, es seye dann in demjenigen Punkte, welcher von der Kraft unmittelbar angegriffen wird. Man denke sich, um die Stärke dieses Einwurfs noch zu vergrößern, zwei horizontale *) Rollen A. B. Fig. 3. um dieselbe sey eine in sich selbst wiederkehrende Schnur, ein feiner Golddrath rc. ge-

*) Horizontal seze ich die Schnur deshalb, damit nicht etwa das Gewicht der Schnur einen Grund abgebe, warum sie an einen Punkt eher reiße, als am andern.

schlungen; wenn nun eine Kraft diese beide Rollen von einander zu trennen strebt, so wird es keinen Grund geben, warum ein Punkt der Schnur eher der einen, als der andern Rolle folge; man stelle sich z. B. die drei Punkte m. n. o. vor, weil der Zusammenhang in allen Theilen der Schnur gleich ist, so wird der Punkt m. den Punkt n. eben so stark nach der Richtung B. A. ziehen, als lezterer von o. nach A. B. gezogen wird, was von diesen drei Punkten wahr ist, gilt von allen, und man sollte allso glauben, daß die Schnur auch bei der stärksten Zunahme der Kraft nicht reißen könne. Diesemnach wäre allso das reißen eines Körpers mehr einer zufälligen Ungleichheit im Zusammenhange desselben, als einem bestimmten Grade der Kohäsion zuzuschreiben; es gäbe allso kein Maaß für die absolute Festigkeit. Aber diejenigen, die den Einwurf machten, bedachten nicht, daß der Körper entweder in keinem, oder in allen Punkten zugleich reißen müße, die Körperelemente würden sich nämlich in einem Augenblik alle gleich weit von einander entfernen, oder der Körper würde in allen Punkten zugleich reißen, d. h. sich in seine Elemente trennen; aber die Erfahrung lehrt, daß es allezeit irgend einen schwächeren Punkt in dem Körper gibt, wo er zuerst reißt.

Wenn man die Körper nach dem Grade ihrer absoluten Festigkeit ordnet, so wird man finden, daß dieselbe mit der Härte nicht gleichen Schritt hält. Der verschiedene Grad der Härte bestimmt allso eine neue Klasse von Körpern, und blos aus der vereinigten Kenntniß der absoluten Festigkeit, der Härte, und noch mehrerer anderer Eigenschaften kann man über die

Festigkeit des Körpers überhaupt ein Urtheil fällen. Vollkommen hart würden wir einen Körper nennen, der die einmal erhaltene Figur durch keine Kraft wieder verlöre Je mehr ein Körper sich der hier bestimmten Gränze nähert, desto härter ist er. Die lezte Grundursache der Härte liegt freilich in der specifischen Natur der Körper, und wir würden uns wahrscheinlich umsonst bemühen, dieselbe näher auszuforschen; aber es ist uns doch vergönnt zu untersuchen, wie das Verhältniß der Attraktiv- und Repulsivkraft in einem Körper beschaffen seyn müße, damit aus dem Streit dieser beiden entgegengesezten Kräfte die wichtige Eigenschaft der Härte hervorgehe. Hart ist derjenige Körper, wo die Intensität der Attraktivkraft den höchsten, und die Extensität derselben den niedrigsten Grad erreicht. Wären die Intensität und Extensität der Attraktivkraft zugleich groß, so würde der Körper zwarn nicht leicht zu zerreißen seyn; aber er würde sich dehnen, oder zusammendrücken lassen, und wäre folglich nicht hart. Kurz zur Härte wird erfordert, daß bei der geringsten Dehnung des Körpers die Attraktivkraft verschwinde, und dieselbe bei der geringsten Zusammenpressung in die stärkste Repulsivkraft übergehe. Zugleich muß aber auch die Stärke der Attraktivkraft beträchtlich seyn, damit, wenn der Körper nach einer Richtung zusammengepreßt wird, die Attraktivkraft ihn hindere, nach der andern sich zu trennen; man werfe, um der Phantasie hierin zu Hülfe zu kommen, einen Blick auf Fig. 4. Ich habe, weil die Körperelemente doch einmal eine Figur haben müßen, dieselbe mir rund gedacht. Es ist übrigens für das, was ich sogleich sagen werde, gleichgültig, ob man ih-

nen diese, oder eine andere Figur andichte. Wenn z. B. das Element a. gegen b. gepreßt wird, so wird lezteres gegen c. m. auszuweichen suchen, es wird allso auch das Element f. nach der nämlichen Richtung fortzudrängen suchen, weil selbiges aber von c. gehalten wird, so wird lezteres den Körper so lange in seiner Figur erhalten, bis die Repulsivkraft des zusammengepreßten Theils, stärker wird, als seine Attraktivkraft; alsdann springt der Körper. Wären die Extensität, und Intensität der Attraktivkraft zugleich schwach, so würde der Körper zwarn keine Eindrücke annehmen, aber die geringste Kraft, die ihn entweder zu dehnen, oder zusammen zu preßen strebte, würde seine Theile trennen, d. h. der Körper würde zwarn spröde, aber nicht hart seyn. Freilich pflegt allzugroße Härte in Sprödigkeit überzugehen, denn da bei einem sehr harten Körper die Elemente sich einander wechselseitig sehr binden, so kann nicht die geringste Verschiebung der Theile vorgehen, ohne daß der Körper wirklich reißt. Aber diese beiden Eigenschaften, die sich zum Nachthal der Künstler nur zu gern miteinander vereinigen, gehen doch in Hinsicht der Stärke nicht gleichen Schritt. Man weiß ja, daß die Hauptkunst des Stahlarbeiters darin bestehe, in dem nämlichen Kunstprodukt den höchsten Grad der Härte mit dem geringsten der Sprödigkeit zu verbinden.

Die Wärme vermindert die Härte bei sehr vielen Körpern, die Wärme vermindert nämlich die Intensität der Attraktivkraft, der Körper nähert sich schon mehr dem Zustand des flüßigen, die Anziehungskraft eines Elements wird nicht mehr so vollkommen durch

die des ihm zunächst liegenden gebunden, die andern Theilchen fangen auch an, auf dasselbe zu wirken, sie weichen allso der Kraft, die sie zusammendrückt, mehr seitwärts aus, ohne sich gänzlich zu trennen. — Dieses leidet aber eine Ausnahme, wenn durch die Hitze zwischen den Körperelementen eine chemische Verwandschaft geweckt wird, wie dieses z. B. bei dem gebrannten Thone statt findet.

Es war natürlich vorauszusehen, daß bei denjenigen Körpern, in welchen eine Zunahme der Temperatur die Härte vermindert, eine Abnahme derselben sie vermehren würde, aber es ist merkwürdig, daß diese Vermehrung der Härte um so stärker ist, je schneller die Abkühlung geschah. Sollte vielleicht bei einer schnellen Temperatur-Veränderung die Anziehung der sich zunächst liegenden Elemente sich stärker binden, indem die entfernteren nicht Zeit genug haben, darauf zu wirken? doch ich will dem Urtheile der Leser über die Ursache dieses wichtigen Phänomens nicht vorgreifen.

Es bleibt mir nun noch übrig mit der bisherigen Theorie diejenigen Methoden zu vergleichen, deren sich die Künstler gewöhnlich bedienen, die Härte eines Körpers zu prüfen. Man bedient sich dazu des Feuerstahls und der Feile.

Wenn man den Feuerstahl mit Heftigkeit gegen eine scharfe Kante, des zu untersuchenden Körpers schlägt, so schließt man aus dem Eindruck, den der Körper auf den Stahl macht, und der Größe der dabei entstandenen Erhitzung auf die Härte des Körpers. Hierbei ist aber zu bemerken, daß bei Körpern, die bei

einer großen Härte auch eine große Sprödigkeit besitzen, der Feuerstahl nicht den wahren Grad der Härte angeben könne, so gibt z. B. der Basalt an mehreren Stellen weit beträchtlichere Funken, als das weit härtere Glas. Der spröde Körper bricht nämlich eher, als er die gehörige Wirkung auf den Stahl geäußert hat. Aus dieser Betrachtung folgt, daß zwar alle Körper, die am Stahle Feuer geben, hart sind, aber nicht umgekehrt, alle harten Kärper eben am Stahl Feuer zu geben brauchen.

Die Feile ist bekanntlich ein aus dem härtesten Stahle verfertigtes Werkzeug, das auf seiner Oberfläche mit feinen Erhöhungen, und Vertiefungen versehen ist; man beurtheilt nun aus der Kraft, die erforderlich ist, theils um einen Eindruk in einen Körper zu machen, theils um wirklich Theile von ihm zu trennen, seine Härte. Bei weichen, zähen, dehnbaren Körpern wirkt die Feile mehr auf die erste Art, sie verändert mehr die Lage der Theilchen, als daß sie dieselbe wirklich trennt. Bei spröden Körpern hingegen trennt sie die Theile wirklich, und man erhält einen sogenannten Feilstaub. Da die feinen Zähne der Feile den zu untersuchenden Körper nur in äusserst kleinen Flächen angreifen, so ist die Kraft eines Menschen zur Ueberwindung der Kohäsion schon äusserst beträchtlich, und um so beträchtlicher, je feiner die Feile ist, wie auch die Erfahrung lehrt. — Die Feile wirkt mehr durch Druck, als durch Stoß; wenn ein Körper allso auch bei seiner Härte eine beträchtliche Sprödigkeit besäße, so würde die Feile ihn doch hart finden, und in dieser Hinsicht wäre sie allso dem Feuerstahl vorzuziehen; aber man

muß gestehen, daß Sprödigkeit und Härte nicht allein, so wie man sie im gemeinen Leben betrachtet, zwei verschiedne, sondern zwei entgegengesezte Eigenschaften sind. Denn, wenn wir Härte eines Körpers diejenige Eigenschaft nennen, daß er durch keine Kraft seine Gestalt verändert, so darf der harte Körper sich eben so wenig zersprengen, als zerreißen laßen. Aber man pflegt, gewöhnlich, wenn man von der Härte redet, auf die Sprödigkeit des Körpers nicht so sehr Rücksicht zu nehmen, und ich habe mich in dem vorhergehenden blos nach dem Sprachgebrauch gerichtet, wenn ich hier, und dort diese beiden entgegengesezten Eigenschaften blos als zwei verschiedne behandelte.

Noch ist ein Fall übrig, in dem weder der Feuerstahl, noch die Feile den wahren Grad der Härte eines Körpers angeben können, und dieses ist derjenige, wenn ein Körper aus mehreren kleinen harten Theilchen besteht, die unter sich einen schwachen Zusammenhang haben; ein Körper der Art ist der Tripel. Man beurtheilt in diesem Falle die Härte des Körpers aus der Wirkung, die die kleineren Theile desselben beim Schleiffen auf harte Körper äußern.

Da ich mich über die harten Körper so umständlich verbreitet habe, so wird es kaum nöthig seyn, von den weichen etwas hinzuzusetzen: Weich ist dem harten entgegengesezt; so wie wir also denjenigen Körper vollkommen hart nennen würden, dem keine Kraft seine einmal angenommene Figur nähme, so würde derjenige vollkommen weich sein, wo die geringste Kraft zu dieser Gestalt-Veränderung hinreichte; wenn es also in der Natur Körper gäbe, die diesen Namen verdienten, so

würden dieses die flüßigen seyn. Aus der Definition, die ich so eben von den weichen Körpern gab, wird man ersehen, daß die Klasse derselben zwei untergeordnete Klassen unter sich begreift. Die Gestalt-Veränderung, die der Körper erleidet, kann nämlich entweder blos in einer veränderten Lage der Theile, oder in einer gänzlichen Trennung derselben bestehen. Diejenigen Körper, wobei das erstere statt findet, bilden die Klasse der dehnbaren, und diejenigen, welche die zweite Eigenschaft besitzen, die Klasse der spröden weichen Körper. — Hart, und weich sind allso nicht grade entgegengesezt, sondern die Eigenschaft der Härte schließt Sprödigkeit und Dehnbarkeit, und noch mehrere andere Eigenschaften zugleich aus; und ein Körper braucht nicht gerade alle die ausgeschlossenen Eigenschaften zu besitzen, um weich zu seyn.

Die Härte der Körper entstand durch eine große Intensität, und geringe Extensität der Attraktivkraft. Bei den spröden Körpern ist die In- und Extensität der Attraktivkraft zugleich schwach. Bei den dehnbaren ist die Extensität der Attraktivkraft groß, die Intensität kann schwach und stark seyn.

Zwischen den vollkommen harten, und weichen Körpern in der Mitte stehen die federhaften, oder diejenigen, deren Gestalt zwar durch eine geringe Kraft geändert, aber auch nach aufgehobener Kraft von selbst wieder hergestellt wird. Bei Körpern, die auch bei der größten Gestalt-Veränderung dieselbe wieder völlig erhalten sollen, muß die In- und Extensität der Attraktivkraft zugleich stark seyn. Doch besizt kein Körper, den wir kennen, diese Eigenschaft in ihrer vollkommenen Stärke.

Je weiter sich die Gestalt-Veränderung eines Körpers treiben läßt, desto schwächer stellt sich dieselbe wieder her. Körper aber, die ihre Gestalt nicht merklich än, dern laßen, stellen sie mit großer Kraft und Schnellig, keit wieder her. Das Glas z. B. geräht, wenn man es nur leise schlägt, in schwingende Bewegungen, und bringt einen merklichen Klang hervor; je härter der Stahl wird, desto stärker wird die Gewalt, womit er zu seiner vorigen Gestalt zuruck zu kehren strebt, aber desto weniger darf man ihn auch beugen, ohne ihn zu zerbrechen.

Einige Körper, die durch abkühlen in der Wärme härter werden, kann man durch das Abkühlen in einer gemäßigteren Temperatur, und durch wieder anlaßen fe, derhart machen; weiche Körper werden dieses oft durch kaltes Hämmern. Man hat noch eine andere Art, die Federkraft eines Körpers dem Anscheine nach zu verstärken, welche darin besteht, daß man die Körper Schraubenför, mig windet; aber durch diesen Kunstgriff wird eigentlich nicht die Stärke der Federkraft selbst, sondern blos die Menge der sich federnden Theile vermehrt, wenn man solchen Körper zusammen drückt, so beugt man jeden Schraubengang etwas, und folglich wird durch die größere Anzahl der Schraubengänge sowohl die Größe der Ausdehnung, als der Zusammenpreßung vermehrt.

Man hat ehedem bekanntlich die Federkraft auch Elasticität genannt, ich möchte sie lieber die Wiederher, stellungskraft nennen. Die Elasticität sucht den Körper nach allen Seiten hin auszudehnen, und der Raum ihres Wirkungskreises ist unbegrenzt. Die Federkraft dehnt den Körper nicht an allen Stellen aus, sondern

sie zieht ihn auch an anderen wieder zusammen; und zwarn scheint sie bei einigen Körpern mehr ausdehnend, bei andern mehr zusammenziehend zu wirken, wie beim Elfenbein der erstere, und beim Federharz der leztere Fall statt findet. Der Wirkungskreis der lezteren Kraft ist nicht unendlich, sondern beschränkt sich auf die Grenzen, welche die einmal angenommene Figur des Körpers bestimmt. Die Elasticität entsteht durch die Expansivkraft des Wärmestoffs, sie hebt alle Cohäsion gänzlich auf, die Federkraft verdankt ihr Daseyn der Attraktion; blos feste Körper können Federkraft besitzen, und keine flüßigen. Troz allem dem haben aber doch diese beiden Kräfte einige Aehnlichkeit, und dieses geht auch schon aus der ehemaligen, zwarn unrichtigen Verwechselung der Begriffe hervor. Der federharte Körper wirkt nämlich in dem Raume, der seinen Wirkungskreis bestimmt, wie ein flüßiger; seine Theilchen weichen einer Kraft, die ihn zusammendruckt, nicht allein in der Richtung derselben, sondern nach allen Seiten zu aus, und eben so stellt er auch seine Gestalt wieder her. Ganz auf die nämliche Art wirkt ein flüßiger Körper, den man in ein festes Gefäß einschließt, und zusammendrückt. —

Ich habe in dem vorhergehenden, wie ich glaube, die fürnehmsten Punkte bestimmt, worauf man Rücksicht nehmen muß, um von der Festigkeit eines Körpers einen hinlänglichen Begriff zu erhalten. Härte ist der Zustand der vollendeten Festigkeit, die durch keine Kraft, sie wirke, wie sie wolle, überwunden werden kann; die Klasse der harten Körper enthält allso keine Unterabtheilung mehr, da in einem harten Körper alle Attri-

dute der Festigkeit zusammen vereinigt seyn müßen. Desto reicher an Abtheilungen ist die Klasse der weichen Körper. Wenn ein Körper nur eine der Eigenschaften, welche die Härte ausschließt, im höchsten Grade besizt, so ist er schon weich. Daher theilen sich die weichen Körper zuerst in spröde, und dehnbare. Zwischen dehnbaren, und harten stehen die federharten Körper in der Mitte; zwischen den spröden, und harten diejenigen, die außer der Sprödigkeit alle Eigenschaften der harten Körper besitzen.

Wenn man mit Rücksicht auf das bisher gesagte die Naturgeschichte durchgeht, so wird man bemerken, wie selten die Natur Extreme hervorbringe, und wie oft ein Naturkörper, der in einer Hinsicht ein sehr passendes Mittglied in der Kette der Dinge abgiebt, in der andern ein sehr auffallendes Mißverhältniß in eben diese Kette bringt; wenn z. B. der Diamant der Wirkung der Feile widersteht, und dadurch einem vollkommen harten Körper sehr nahe kömmt, so nähert er sich durch seine verhältnißmäßige große Sprödigkeit wieder den weichen; und ich habe es schon oben bemerkt, daß der nämliche Körper sich gewöhnlich durch seine größere Sprödigkeit, um so mehr der Klasse der weichen nähert, je weiter er sich durch seine übrigen Eigenschaften davon entfernt. Wenn das Gold in Hinsicht seiner Dehnbarkeit als eines der weichsten Metalle betrachtet werden muß, so nähert es sich doch durch seine große absolute Festigkeit wieder den harten. Selbst diejenige Eigenschaft, welche die Klasse der harten und weichen Körper zusammen zu verbinden scheint, die Federkraft, gab die Natur keinem ihrer Produkte in vollkommener Intensität. Wenn

das Federharz auch nach einer beträchtlichen Ausdehnung sich wieder herstellt, so wirkt es doch zusammengedrückt lange nicht so stark. — Man sieht hieraus, wie verwickelt die Eigenschaften eines Körpers sind, die man kennen muß, um einen vollkommenen Begriff von der Festigkeit zu erhalten; eine genaue Klassifikation der Naturprodukte in dieser Hinsicht würde gewiß für die Künste von großer Wichtigkeit seyn, welches hier auszuführen aber weder meine Kräfte, noch meine Absicht erlauben.

Drittes Kapitel

Von den halbflüssigen Körpern.

Wenn man dasjenige, was ich in den zwei vorigen Abschnitten über die festen und flüssigen Körper sagte, in der Kürze zusammenziehen wollte, so würde man finden, daß der Hauptunterschied zwischen festen, und flüssigen Körpern darin bestehe, das 1tens in dem flüssigen ein nach einer Richtung angebrachter Druck sich nach allen Richtungen gleich stark verbreite; und 2tens die Anziehungskraft der Elemente nicht so, wie bei den festen durch die Wechselwirkung der zu nächst liegenden gebunden seye, sondern frei nach allen Seiten ihren Wirkungskreis ausdehne. Die erstere dieser charakteristischen Eigenschaften der Flüssigkeit bezeichnet etwas positives, nämlich die Elasticität; die zweite etwas negatives, nämlich die Abwesenheit der Cohäsion. Die Wärme ist es, welche den Körpern diese beiden Eigenschaften mittheilt, indem sie nicht allein die Elasticität vermehrt, sondern auch die Cohäsion schwächt. Wenn einem Körper eine oder die andere dieser Eigenschaften

fehlt, so ist er nicht vollkommen flüssig, sondern er nähert sich diesem Zustande nur mehr, oder weniger; man nennt ihn alsdann halbflüssig. Man denke sich z. B. einen Haufen des feinsten Sandes, dessen Theilchen gar keine Kohäsion untereinander haben; dieser Sand wird nichts desto weniger nicht flüssig seyn; ihm fehlt nämlich die Elasticität, ein Druck verbreitet sich in demselben nicht nach allen Richtungen gleich stark; weil die Sandkörner nicht zusammenhangen, so kann man sich einen solchen Sandhaufen in beliebige Formen zerschnitten denken, und alsdann werden freilich wegen der keilförmigen Figur, die man diesen Stücken geben kann, die Theile auch einiger maßen seitwärts ausweichen, aber dieses geschieht bei weitem nicht in jeder Richtung gleich stark; und es würde dieses leztere auch nicht erfolgen, wenn wir uns die Sandkörner unendlich klein dächten. — Es giebt nun wieder andere Körper, welche Elasticität besitzen, bei denen aber die Kohäsion die Wirkung der ersteren Kraft beschränkt; die dehnbaren Metalle z. B. besitzen Elasticität, denn ein Druck, der sie nach einer Richtung zusammen zu pressen strebt, dehnt sie nach der andern aus. Aber die Anziehung der sich zunächst liegendan Elemente bindet sich zu sehr, als daß dieselbe einer Kraft nach jeder Richtung leicht genug ausweichen könnten. Man ersieht hieraus, daß zwei Arten halbflüssiger Körper geben. Zu der ersten gehören alle trockene Erdarten; die Wirkungsart dieser halbflüssigen Körper läßt sich gänzlich aus den Gesezen der Statik herleiten. Sie hängt einzig von der Größe der Reibung der Theile ab. Wenn man einen Haufen einer solchen Erdart frei hin-

schüttet, so rollt er wie auf einer schiefen Ebene herunter, und bildet einen Kegel, dessen Winkel an der Grundfläche von der Größe der Reibung abhängt. Der Druck, welchen die so herabgleitende Erdmasse gegen eine ihr horizontal entgegenstehende Wand ausübt, ist dem Drucke der flüssigen Körper einiger maßen ähnlich, denn auch hier hängt der Druck mehr von der Höhe, als von der Masse der drückenden Erde ab, so wie Herr Woltmann dieses wirklich durch Versuche fand; aber dieses Paradox erklärt sich sehr leicht aus den Gesezen des Keils. *) Wenn man aber mit einer solcheu Erdart den Follis hydrostaticus füllen wollte, so würde man hier fast gar keine Wirkung erhalten. — Ganz anders verhält es sich mit jenen Körpern, deren Flüssigkeit nicht von dem geringen Zusammenhang ihrer Theile, sondern von der Elasticität abhängt. Diese kommen der Natur der vollkommen flüssigen schon weit näher. Wenn man z. B. einen Eimer Mörtel frei ausschüttet, so rollt derselbe nicht so wie ein Sandhaufen auf einer schiefen Ebene herunter, sondern er drückt sich nach Art der flüssigen Körper mehr auseinander, und bildet am Rande eine konvexe Fläche. Es ist offenbar, daß denjenigen Körpern, wovon hier die Rede ist, ihre vollkommene Flüssigkeit dadurch geraubt wird, daß die Elemente derselben sich zu sehr binden,

*) Es würde mich zu weit führen, und ich würde genöthigt seyn, mich in die schwere Theorie vom Druck der Erde gegen Futtermauren einzulaßen, wenn ich dieses alles genau beweisen wollte. Ich verweise deshalb auf den 3ten Band von Woltmanns Beiträgen, womit man Büsch Uebersicht des Wasserbaues Buch 1. Kap. 1. vergleichen kann.

und daß nicht wie in einem vollkommen flüssigen Körper jedes Theilchen nach allen Richtungen gleich stark gezogen wird. Dieses kann aber auf zweierlei Art geschehen, denn entweder ist der flüssige Körper ganz homogen, und die Elemente desselben binden sich einander zu sehr, oder es geschieht durch die Wirkung eines dritten Körpers. Die Oele, und mehrere andre zähe Flüssigkeiten geben ein Beispiel der ersten; Wasser, worin man Thonerde aufrährt, ein Beispiel der zweiten Art. — Durch die Zähigkeit, welche die flüssigen Körper auf diese Weise erhalten, scheint indessen mehr ihre Bewegung, als ihr Druck beschränkt zu werden; Ich rührte so viel Thonerde in Wasser auf, daß dasselbe dadurch zu einer ziemlich zähen Flüssigkeit wurde; ich wägte nun einen festen Körper in dieser Flüssigkeit ab, und fand, daß derselbe so viel von seinem Gewichte verlore, als die ausgeschlossene Masse Wasser, und Thonerde zusammen betruge.

Wenn man in eine zweischenklichte gebogene Röhre eine zähe Flüssigkeit schüttet, so wird man finden, daß auch bei einem ziemlichen Grade der Zähigkeit die Flüssigkeit noch in beiden Schenkeln gleich hoch steiget, vorausgesezt, daß der Durchmesser der Röhre nicht zu eng seye. Indessen wird die zähe Flüssigkeit nicht mit der nämlichen Schnelligkeit in beiden Röhren hin, und her schwanken, ehe sie sich zur Ruhe sezt, es wird vielleickt wohl einige Zeit vergehen, ehe die Höhe in beiden Röhren die nämliche ist. Aber dieses bestättigt meine obige Behauptung, daß die Zähigkeit mehr die Bewegung, als den Druck einer Flüssigkeit hemme. Die Kraft, welche die Kohäsion der flüssigen Körper

überwindet, muß nämlich um so größer seyn, je schneller die Trennung geschehen soll. Der blose Druck allso, wo kein Theilchen wirklich von dem anderen getrennt wird, kann durch die Zähigkeit nicht so sehr gehemmt werden.

Da es eine so große Menge Abstufungen von flüssigen und halbflüssigen Körpern gibt, so ist es natürlich, daß man sich bemühte, ein Maaß der Flüssigkeit zu finden. Obschon es eigentlich zweierley Gattungen halbflüssiger Körper giebt, so wollen wir doch hier blos die zähen Flüssigkeiten betrachten. Es ist offenbar, daß diese um so flüssiger sind, je weniger ihre Elemente zusammenhängen. Dasjenige allso, was den größeren oder geringeren Grad der Flüssigkeit einer Masse bestimmt, ist etwas negatives, nämlich die Abwesenheit der Kohäsion. Man kann daher eben wenig ein absolutes Maaß der Flüssigkeit, als ein Maaß der Kälte finden; Doch kann man, wenn man den Grad der Kohäsion der Elemente von zweierley Flüssigkeiten kennt, daraus beurtheilen, ob die eine flüssiger sey, als die andere. Newton bediente sich zu dem Ende eines Pendels, welches er in den Flüssigkeiten in Bewegung sezte; nennt man nun die Dichtigkeit der Masse = D. die Zahl der Schwingungen, die es in derselben macht, bis daß es in Ruhe kömmt, N. so wird diejenige Masse die flüssigste sein, wo N. D. am größten ist. Aber hiebei ist zu bemerken, erstens, daß es hier wirklich auf den Stoff, woraus die Linse des Pendels verfertigt ist, viel anzukommen scheine, denn, da dieser mit einer Flüssigkeit stärker zusammenhangen kann, als mit einer andern, so könnte man unrichtig der Zähig-

keit der Flüssigkeit dasjenige zuschreiben, was man eigentlich der Kohäsion des Pendels mit derselben zuschreiben sollte. Zweitens vermindert der Widerstand der Flüssigkeit als träge Masse betrachtet, die Bewegung des Pendels so sehr, daß die Reibung am Zapfen desselben seine geringe Bewegung gänzlich hemmt, daß man allso unter der Wirkung dieser größeren Kräfte die kleinere, die von der Zähigkeit der Flüssigkeit herrührt, gänzlich aus dem Gesichte verliert. Newton fand wirklich auf diese Art, daß die Flüssigkeit des Wassers, wenn es bis nahe an den Eispunkt erkältet, oder nahe bis an den Siedepunkt erhitzt ist, die nämliche seye, welches doch unwahrscheinlich ist. — Wenn wir ein absolutes Maaß für die Elasticität des Wärmestoffs hätten, d. h. wenn wir wüßten, wie viele Grade noch unter dem Eispunkt, bis zum absoluten Nullpunkt der Wärme wären, so würde, wenn wir die Anzahl Grade vom Nullpunkt bis zum Siedepunkt einer Flüssigkeit m. und ihr specifisches Gewicht D. setzen, der Quotient $\frac{m.}{D.}$ wahrscheinlich ein richtiges Maaß abgeben, nach dem man beurtheilen könnte, ob eine Masse flüssiger wäre, als die andere; denn je niedriger die Temperatur bei gleichem specifischen Gewicht einer Flüssigkeit ist, die erfordert wird, um sie in Dampf zu verwandeln, d. h. um die Kohäsion ihrer Elemente gänzlich aufzuheben, desto flüssiger ist sie.

Viertes Kapitel.

Von der Einwirkung der festen, und flüssigen Körper aufeinander.

Alle Einwirkungen der Körper aufeinander sind entweder mechanisch, oder chemisch; wenn zwei Körper so aufeinander wirken, daß die Aenderungen, die in ihnen entstehen, blos nach den Gesezen erfolgen, wornach sich die Attraktion der Elemente unter sich richtet, so nennt man diese Einwirkung mechanisch; wenn aber durch die Wirkung der beiden Körper die ebengenannten Geseze modificirt, oder gar aufgehoben werden, so nennt man dieses eine chemische Wirkung. Wenn man z. B. Glas mit einem Hammer zerschlägt, so hängt dieses einzig von der Kohäsion des Glases ab, welche bei all zugroßer Annäherung der Elemente in eine Repulsiv, kraft übergeht; und dieses ist den allgemeinen Gesezen der Attraktion analog. Wenn man aber auf Gold Königswasser gießt, so wird durch die Wirkung des lezteren die Kohäsion des Goldes geschwächt, und sie befolgt nun einen ganz andern von den allgemeinen Gesezen der Attraktion sehr abweichenden Gang,

folglich ist die erstere Wirkung mechanisch, und die lezte chemisch; und jene würde noch mechanisch bleiben, wenn wir auch das Zerstoßen so weit fortsezen könnten, bis daß wir das Glas in seine Elemente getrennt hätten. Die mechanische, und chemische Trennung ist nur zufällig in der Größe, aber wesentlich in der Art der Wirkung verschieden. Ich will unter den mechanischen Einwirkungen der Körper aufeinander nur den Stoß, und die Reibung ausheben.— Was den ersteren betrifft, so sind die dahin gehörigen Untersuchungen so weitläufig, daß ich für nöthig finde, ihm einen eigenen Abschnitt zu widmen.

Man nennt den Widerstand, den man emfindet, wenn man einen Körper auf einer horizontalen Unterlage verschieben will, den Widerstand der Reibung. Man nimmt zur Erklärung dieses Widerstandes an, daß die Oberflächen aller auch der polirtesten Körper noch aus rauhen Theilchen bestehen, welche wechselweise in einander eingreifen, und dadurch der Bewegung widerstehen. So alt, und allgemein angenommen nun aber auch diese Meinung ist, so kann ich mich doch nicht enthalten, hier auch meine Gedanken über diesen Punkt dem Urtheil der Phisiker vorzulegen, obschon ich gestehe, daß ch es mit einer gewißen Schüchternheit thue.

Es ist zwarn nicht zu läugnen, daß die mehresten Körper auf ihrer Oberfläche Erhöhungen und Vertiefungen haben, unter denen wir die grösten schon mit unseren Sinnen wahrnehmen können; daß nun diese Unebenheiten der Bewegung widerstehen müßen, ist ebenfalls offenbar. Aber wenn wir diese von zufälligen Umständen abhangenden Unebenheiten als die Ursache

des Reibens annehmen wollen, so ist es vergebens die Größe der Reibnng durch Versuche bestimmen zu wollen, da für sie unmöglich ein allgemeines Gesez gelten kann. Wenn man allso Versuche dieser Art anstellen will, so müssen die Körper nur diejenigen Unebenheiten beibehalten, deren Lage, und Größe blos in der specifischen Natur der Körper gegründet ist.

Man denke sich nun z. B. eine vollkommen polirte Glasplatte, die man über einer anderen wegschieben will; man wird dabei einen Widerstand empfinden, der im Verhältnis des Drucks wächst, wodurch man die Tafeln aneinander preßt; ist es aber wohl wahrscheinlich, daß dieser Widerstand durch das ineinander greifen der Unebenheiten der Tafeln geschehe, da dieselbe so klein sind, daß wir sie durch Hilfe der besten Mikroskope nicht entdecken können. Wenn deren allso auch wirklich gegenwärtig sind, so ist es doch nicht wahrscheinlich, daß sie ineinander greifen, sondern sie werden, wie alle Körper Elemente, sich in einer gewissen Entfernung von einander halten. — Wenn wirklich die Körper auch in diese kleinsten Unebenheiten eindrängen, so wäre es unmöglich einen Spiegel zu machen, der das Licht unter dem Winkel zurückwärfe, unter dem es auffiel; aber das Licht scheint zurückgeworfen zu werden, ehe es diese kleinen Unebenheiten berührt, und sich in Hinsicht des Winkels, unter dem es zurückgeworfen wird, mehr nach der Lage der Hauptfläche, als nach der Lage dieser kleineren Unebenheiten zu richten. Man hebt diese Schwierigkeit nicht dadurch, daß man sich diese Unebenheiten sehr klein denkt, denn es kömmt hier nicht auf die Größe, sondern auf die Lage

dieser Unebenheiten an, da nun diese gewiß unter einem beträchtlichen Winkel gegen die Hauptfläche geneigt sind, so müßte der Zurückprallungs-Winkel sehr von demjenigen abweichen, den wir beobachten.

Es ist bekannt, wie schwer es ist, nach der gewöhnlichen Vorstellungsart das Phänomen zu erklären, daß die Reibung sich einzig nach dem Drucke, und nur sehr wenig nach der Fläche richtet; aber den lezten Stoß scheint diese Theorie zu erhalten, wenn man bedenkt, daß man in der Mechanik die Reibung als eine verzögrende Kraft in die Rechnung einführt, deren Wirkung sich einzig nach der Größe der Zeit, in der sie wirkt, richtet; man denke sich einen Körper, der sich auf einer Ebene fortbewegt, nennt man nun das Verhältniß der Reibung zu seinem Gewichte m, die Geschwindigkeit, die er von der Schwere in einer Sekunde erhält $= 2g$, und die Zeit, in der er sich bewegt $= T$, so wird die Reibung in der Zeit T seine Geschwindigkeit um $2gmT$ vermindert haben, und man findet, daß in den mehresten Fällen diese Rechnung mit der Erfahrung ziemlich genau übereinstimmt. Wie wäre dieses aber möglich, wenn die Reibung durch ein ineinandergreifen der Theile entstände; denn alsdann müßte der Widerstand nicht allein von der Zeit, welche der Körper sich zu bewegen fortfährt, sondern auch von seiner Geschwindigkeit abhangen; je größer nämlich diese ist, desto mehrere Unebenheiten haben in der nämlichen Zeit ineinander eingegriffen.

Da ich nun meine Zweifel gegen die gewöhnliche Erklärung vorgetragen habe, so liegt es mir freilich ob,

eine beßere zu versuchen. Mir scheint es, als ob durch den Druck von zwei Körpern gegeneinander wirklich eine Attraktivkraft zwischen ihnen geweckt würde, die aber natürlich nur so lange, als der Druck selbst daurt; wenn man allso einen Körpervon einem andern aufheben will, so braucht man nur sein Gewicht zu heben; denn sobald eine solche Kraft den Körper aufwärts zieht, so wird er nicht mehr gegen den anderen gedrückt, und folglich verschwindet auch ihre Anziehung gegeneinander. Auf diese Art lassen sich alle Phänomene der Reibung besser erklären. Da die Anziehung der Körper von ihrem Drucke gegeneinander herrührt, so ist es natürlich, daß diese auch im Verhältniß dieses Druckes stehen werde; es ist eben so natürlich, daß die Reibung mit der Geschwindigkeit nicht merklich wächßt; denn über je mehrere Punkte der Körper hergeht, desto kürzere Zeit verweilt er bei jedem einzelnen.

Nach dieser Vorstellungsart allein scheint es mir auf eine genugthuende Weise erklärbar, warum sich Körper der nämlichen Art am stärksten aufeinander reiben; warnm die Hitze bei Metallen das Reiben verstärkt, und s. w. Man verstehe mich jedoch recht, ich läugne nicht, daß die Körper gröbere Unebenheiten haben, die ineinander eingreifen, und die Bewegung hemmen. Die Kraft, die zur Ueberwindung dieses Widerstandes nöthig ist, kann oft zu einer ungeheuren Größe anwachsen, besonders bei Maschinen, bei welchen oft ein gewisses Klemmen der Theile eintrifft; aber ich glaube, daß außer diesem zufälligen Widerstande der Bewegung noch eine eigene Kraft entgegenwirkt, nämlich diejenige Attraktivkraft der Körper, die durch den Druck derselben

gegeneinander geweckt wird; und nach aufgehobenem Drucke auch wieder verschwindet. Man weiß zwar schon lange, daß zwei Körper, zwei abgeschliffene Marmorplatten z B aneinander hangen, aber dieses Zusammenhangen entsteht auch ohne Druck, und hängt blos von der Annäherung der Platten ab.

Ich gestehe gern, daß meine bisher vorgetragene Theorie noch eine Bestättigung bedarf, doch glaube ich, daß meine gegen die gewöhnliche Meinung erregten Zweifel nicht ohne Grund sind; wem wird es z. B. wahrscheinlich vorkommen, daß der Widerstand, den man empfindet, wenn man eine glatte Glasstange mit einem wollenen Lappen reibt, davon herrühre, daß die feinen Spitzen der Wolle in die Poren des Glases eingreifen Man könnte freilich dem so eben gesagten entgegensetzen, es folge daraus, daß die Reibung um so größer werden müsse, je mehr die reibende Flächen polirt seyen; aber die Antwort liegt auch schon in dem vorigen; nämlich durch das Poliren gehen die gröberen Unebenheiten weg, durch welche die Bewegung mehr, als durch Vergrößerung der Fläche gehindert wird.

Ich komme nun zu einer schon oft berührten Frage, nämlich: ob den flüßigen Körpern durch die Reibung an festen ebenfalls ein Hinderniß ihrer Bewegung entstehe. Wenn man unter dem Reiben das Anprallen an die unmerklichen Unebenheiten der Fläche versteht, so ist es kaum gedenkbar, daß flüßige Körper sich an festen reiben können, denn diese Unebenheiten würden bald durch die flüßige Masse ausgefüllt, und dadurch die Fläche zu einer vollkommnen Ebene gemacht werden.

Aber es scheint nicht zu läugnen zu seyn, daß ebenfalls durch den Druck zwischen der festen und flüßigen Masse eine Kohäsion entstehe, welche aber nur deswegen nicht so sehr, wie bei den festen Körpern die Bewegung hemmt, weil die Theile in dem flüßigen Körper nicht zusammenhangen, allso ein Widerstand an einem Punkt angebracht nicht so sehr auf die anderen wirkt.

Bei dem Reiben der festen Körper aneinander, ereignet sich gewöhnlich das merkwürdige Phänomen, daß dieselben sich merklich erhitzen: wenn das Reiben so stark ist, daß es mit einer merklichen Zusammenpreßung der geriebenen Körper verbunden ist, so habe ich die wahrscheinliche Ursache davon schon im zweiten Kapitel angegeben; sonst scheint mir die Elektricität mit zur Entwicklung der Wärme beizutragen; flüßige Körper, die Leiter der Elektricität sind, erhizen sich daher nicht beim Reiben; die Kanonkugeln erhizen sich hingegen beträchtlich durch die Bewegung in der nicht leitenden Luft; doch alles dieses erfodert noch eine nähere Prüfung durch Versuche, welche ich einstens vielleicht anstellen, und dem Publikum zur Beurtheilung mittheilen werde. Die Ordnung leitet mich jezt auf diejenigen Erscheinungen, die durch die Wirkung der chemischen Kräfte entstehen.

Nach der Definition, die ich von den chemischen Kräften gab, werden freilich mehrere in die Klasse der chemischen kommen, die man bis hieran nicht dahin rechnete. Z. B. Die magnetische und elektrische. Die Gravitation aber ist eine mechanische Kraft, da ihre Intensität ohne Rücksicht auf die specifische Natur der

Körper blos von der Masse, und von der größeren, oder gringeren Entfernung der anziehenden Punkte abhängt.

Man nennt diejenige Kraft, welche zwei verschiedene Körper Elemente äußern, um sich zu einem homogenen Ganzen zu vereinigen die chemische Verwandtschaft — man pflegt gewöhnlich diese Kraft von derjenigen zu unterscheiden, welche die blose Adhäsion bewirkt, aber mit Unrecht; diese Kräfte sind nicht in der Art, sondern blos in der Größe verschieden.

Man denke sich zu dem Ende zwei Körper, die eine gewisse Anziehungskraft aufeinander äußern, so ist diese wechselseitige Attraktion entweder so stark, daß der Zusammenhang jedes einzelnen Körpers dadurch aufgehoben wird, oder nicht; im erstern Fall werden die Körper sich wirklich auflösen, im leztεn werden sie blos aneinanderhangen. Es folgt hieraus, daß bei der chemischen Auflösung die Körper wirklich in ihre Elemente getrennt werden; denn, da die absolute Kohäsion der kleinsten Theile eines Körpers nicht größer ist, als die des ganzen Körpers, so ist offenbar, daß diese Trennung des Körpers in kleinere, und kleinere Theile so weit fortgehen werde, als möglich ist. — Der so eben aufgestellte Grundsaz über die Aehnlichkeit der chemischen Verwandschaft und der Adhäsion scheint mir so einfach zu sein, daß er kaum eines Beweises bedarf. In der That kann auch eine dieser Kräfte durch die andere wirklich beschränkt werden; so befördern z. B. Fäden, oder Stäbe, die man in eine Salzauflösung hängt, das Niederschlagen der Krystalle; so schlägt sich

das in der Luft aufgelöste Wasser oft schon an den Wänden einer Glocke nieder, noch ehe die Luft den Punkt ihrer Sättigung erreicht hat. — Bei der Auflösung eines flüßigen Körpers durch einen flüßigen fällt es oft schwer die Adhäsion von der chemischen Auflösung zu unterscheiden; Wenn man z. B. Salzwasser, und Wasser untereinander schüttet, so weiß man nicht ob diese beide sich wirklich auflösen; oder nur adhäriren; das Seewasser wenigstens ist unten gesalzener als oben; die flüßigen Körper haben nämlich eine so geringe Kohäsion, daß nur eine geringe Kraft dazu erfordert wird sie zu überwinden; sobald allso die Körper nur einige Verwandschaft zu einander haben, so werden sie sich schon einander auflösen, oder wenigstens aufzulösen scheinen.

Der scharfsinnige Hube trägt in seiner fürtreflichen Abhandlung über die Ausdünstung den obigen Grundsaz über die chemische Auflösung so vor: Ein Menstruum wird denjenigen Körper auflösen, wozu seine Verwandtschaft größer ist, als der Zusammenhang der Körper-Elemente selbst; aber wenn blos Attraktion gegen Attraktion wirkt, so scheint mir daraus noch keine chemische Auflösung, sondern vielmehr blos ein festeres, und stärkeres aneinander hangen zu folgen; wenn aber die Attraktion so stark ist, daß sie die Kohäsion gänzlich aufhebt, (so wie etwa der Nordpol eines Magneten denjenigen eines schwächeren in einen Südpol verändern kann,) alsdann wird eine wirkliche Auflösung erfolgen.

Ich werde nun mit Vorbeigehung der bekannten Erscheinungen, die sich bei der Auflösung ereignen, nur

die Mittel betrachten, wodurch selbige befördert wird. Unter den bisher nicht erwähnten Mitteln die Auflösung zu befördern scheint die Bewegung mit einen Plaz zu verdienen; man glaubt zwar, daß die Bewegung nur in so fern die Auflösung befördere, als dadurch immer andere, und andere Theile des Menstruums, und des aufzulösenden Körpers in Berührung kommen; aber mir scheint das gegeneinander bewegen der Theile selbst etwas dazu beizutragen; man schütte z. B. in einem Gefäß, welches man einen Weinseiher nennt, den unteren Theil voll Weingeist, und den oberen voll Wasser, nach einiger Zeit wird das Wasser durch seine Schwere den unteren Theil, und der Weingeist den oberen Theil einnehmen; wer je diesen Versuch zugesehen hat, der wird eingestehen, daß hier die Theile sich gewiß in sehr kleinen Flächen berühren, und dennoch erfolgt keine Auflösung; die Bewegung des sich sanft erhebenden Spiritus ist nicht heftig genug, um die Auflösung so schnell zu bewirken. — Wir haben auch schon andere Beispiele, daß durch Bewegung zwar keine Auflösung, aber doch etwas ähnliches erzeugt wird, wenn man z. B. Wasser, das unter dem Eispunkt erkaltet ist, etwas schüttelt, so wird es gleich zu Eis.

Ein anderes noch weit wirksameres Mittel die Auflösung zu befördern ist die Wärme. Sonderbar ist es, daß dieses Mittel, welches bey den mehresten Körpern von sehr großer Wirkung ist, doch bei einigen seine Dienste versagt, man hat die Ursache dieses merkwürdigen Unterschiedes bis hieran noch nicht entdeckt. Die Wärme befördert die Auflösung durch eine eigene

Kraft, und nicht etwa durch Vergrößerung der Zwischenräume. — Auch kann man nicht argwohnen, daß die Wärme dadurch die Auflösung befördere, daß sie eine Bewegung in dem Auflösungsmittel hervorbringe, so, daß etwa die unteren durch die Wärme specifisch leichter gewordenen Theile sich erheben, und dadurch immer andere Elemente des Menstruums den Körper berühren; denn, wenn die Temperatur der Mischung wieder herabsinkt, so läßt das in der Wärme gesättigte Menstruum einen Theil des aufgelösten Körpers wieder fahren.

Die Wärme befördert die Auflösung auf eine zweifache Art; indem sie erstens die Schnelligkeit der Auflösung, und zweitens auch die Masse vermehrt, welche das Menstruum aufnehmen kann. So bekannt dieses aber auch ist; so scheint mir doch der merkwürdige Umstand bisher nicht genug bemerkt worden zu seyn, daß die Temperatur-Erhöhung eines Auflösungsmittels auch seine Verwandtschaft gegen den Wärmestoff selbst vermehrt. Wenn man z. B. fragt: warum Eis über den Nullpunkt erhitzt, zu Wasser wird? so kann man unmöglich annehmen, daß derjenige Antheil Wärmestoff, der die Temperatur erhöhet, auch die Schmelzung des Eises bewirke; denn, wenn dieses wäre, so müste das Wasser auch nicht unter den Nullpunkt erkältet werden können, ohne zu Eis zu werden, welches doch nicht wahr ist. Derjenige Wärmestoff, welcher die Temperatur-Erhöhung bewirkt, vermehrt also nur, wie dieses bei allen Körpern der Fall ist, die chemische Verwandtschaft des Wassers zum Wärmestoff überhaupt,

und dadurch wird die Schmelzung des Eises bewirkt.— Ich will diese Vermehrung der Verwandtschaft der Körper zum Wärmestoff durch den Wärmestoff jzt noch in einem anderen Beispiele zeigen. Wenn man Waßer in einem eisernen, oder in einem anderen Gefäße, das ein guter Wärmeleiter ist, sieden läßt, so kann man, wenn man das Gefäß vom Feuer nimmt, solange das Waßer fortfährt zu sieden, die Hand ganz unbeschädigt unter das Gefäß halten; sobald aber das Waßer aufhört zu sieden, so erhitzt sich der Boden des Gefäßes beträchtlich. Man sollte glauben, da der aufsteigende Dampf sowohl, als das Waßer bis zu 80 Graden erhitzt ist, und das Waßer alle Hitze von dem Gefäße empfängt, so müste lezteres wenigstens eben so so warm seyn, als jene; dieser scheinbare Widerspruch läßt sich aber auf die oben angezeigte Weise sehr gut lösen, denn durch die Erhitzung des Waßers bis zu 80 Graden wird die Verwandtschaft des Waßers zum Wärmestoff so sehr vermehrt, daß es denselben allen umgebenden Körpern, und zwar denjenigen, die gute Wärmeleiter sind, am stärksten entzieht.— Ich glaube, daß aus den zwei hier angeführten Beispielen sich die oft berührte Streitfrage, und zwar bejahend, entscheiden laße: ob der Wärmestoff chemisch gebunden werden könne. Man wendet gewöhnlich wider diese Meinung ein, daß in diesem Falle der Wärmestoff auch nur durch chemische Verwandtschaft sich von dem Waßer müsse trennen laßen; aber dieses ist auch wirklich so; nämlich: derjenige Antheil Wärmestoff, welcher die Temperatur des Waßers bestimmt, theilt sich den umgebenden Körpern bis zur Herstellung des Gleichgewichts mit,

sinkt aber dadurch die Temperatur des Wassers unter den Nullpunkt herab, so hat die chemisch gebundene Wärme durch diese Erkältung ihre Verwandtschaft zu dem Wasser verloren, und scheidet sich allso ebenfalls davon ab.

Da nicht die freie, sondern die chemisch gebundene Wärme das Sieden des Wassers bewirkt, so ist es möglich das Wasser auch in offnen Gefäßen bis über den Siedepunkt zu erhitzen, ohne daß es siedet; denn die Verwandtschaft des Wassers zum Wärmestoff kann durch eine gemäßigte Hitze vermehrt, und durch eine übertriebene wieder geschwächt werden, so wie die Verwandtschaft des Wassers zur Luft, sowohl durch die Frostkälte, als auch durch eine stärkere Hitze aufgehoben wird. Vielleicht läßt sich auf diese Art am besten der berühmte Versuch erklären, daß ein Wassertropfen auf ein glühendes Eisen gegossen ohne zu sieden ruhig liegen bleibt, und mehrere Minuten zu seiner Verdünstung braucht. Man hat in neueren Zeiten diesen Versuch dadurch zu erklären gesucht, daß man annahme, das Eisen, welches in der Glühehitze durch das Wasser verkalkt wird, habe eine so starke Verwandtschaft zu demselben, daß das Sieden verhindert werde. Aber Herr Klaproth fand, daß Wasser auf glühendes Silber gegossen, die nämliche Erscheinung bewirke; und schon Boerhaave bemerkt, daß reiner Weingeist auf glühendes Eisen gegossen, das nämliche thue, so wie ich dieses nicht allein vom Weingeist, sondern auch vom Terpentinöl fand. Eine glühende Kohle, die doch sonst auch eine Zerlegung des Wassers bewirkt, bringt diese Erscheinung nicht hervor; überhaupt zeigen die mehresten

Flüssigkeiten auf gute Wärmeleiter gegossen, dieses Phänomen. Es scheint allso vorzüglich darauf anzukommen, daß die Flüssigkeit sehr schnell über den Siedepunkt erhitzt werde, wodurch wahrscheinlich ihre Verwandtschaft gegen den Wärmestoff geschwächt wird. — Daß nicht eine Anziehungskraft des Wassers zum Eisen dieses bewirke, zeigt sich schon daraus, daß der Wassertropfen auf demselben mit sehr konvexer Oberfläche steht.

Fünftes Kapitel.

Vom Stoße der festen, und flüssigen Körper.

Man betrachtet die Wirkungen des Stoßes entweder nur in so fern, als durch denselben einem trägen, sonst durch keinen Widerstand gehaltenen Körper eine Bewegung mitgetheilt wird; oder aber man sieht ihn als eine Kraft an, welche einen bestimmten Widerstand überwinden, und allso auf diese Weise mit anderen Naturkräften verglichen werden kann. — In den gewöhnlichen Handbüchern der Mechanik findet man alles, was man von dem Stoße der festen Körper in ersterer Hinsicht betrachtet, zu wißen nöthig hat. Die dort vorgetragene Lehre gründet sich auf die einfache Voraussetzung, daß bei dem Stoße träger Körper keine Geschwindigkeit verlohren gehe, sondern daß die Köper die Totalsumme ihrer respektivan Geschwindigkeiten nach dem Stoße unter sich gleichförmig nach dem Verhältniß ihrer Massen theilen. Auch selbst dann, wenn die Körper in entgegengesetzter Richtung gegeneinander stoßen, ist dieses wahr; denn, obschon hier ein Körper dem anderen seine Geschwindigkeit zu benehmen scheint, so gibt er ihm doch eigentlich nur etwas von der seinigen; daß aber

die Geschwindigkeit, die der Körper durch den Stoß erhält, für diejenige, die er vor dem Stoß hatte, als negativ betrachtet werden muß, ist ein bloser Zufall.— Ich kann zu demjenigen, was unter dieser Voraussetzung gewöhnlich gelehrt wird, kaum etwas hinzufügen, als dieses: daß die mehresten Sätze nur für harte Körper, oder für weiche nur in den Fällen gelten, wenn der Stoß nicht stark genug ist, eine beträchtliche Aenderung ihrer Figur hervorzubringen; denn, da die vordern Theile des Körpers doch eigentlich nur durch die nachfolgenden in Bewegung gesetzt werden; so ist es natürlich, daß, wenn ein Theil der Kraft des stoßenden Körpers verwendet wird, die Theile des Körpers aus ihrer Lage zu bringen, nothwendig die Wirkung des Stoßes in Hinsicht auf die Bewegung der ganzen Masse geschwächt werde. Ein merkwürdiges Beispiel des so eben gesagten liefert das bekannte Experiment, daß man eine Flintenkugel durch eine halb geöffnete Thür durchschießen kann, ohne dieselbe dadurch merklich in Bewegung zu setzen. Man erklärt zwar dieses gewöhnlich dadurch, daß man sagt: der Zusammenhang der Theile sey überwunden, ehe die Kugel Zeit gehabt habe, auf die Bewegung der Thüre zu wirken; aber man wird die Unzulänglichkeit dieser Erklärung einsehen, wenn man bedenkt welchen beträchtlichen Kraft-Verlust eine Kugel erleidet, wenn man sie durch eine Thüre durchschießt; wäre die ganze Geschwindigkeit, welche die Kugel verliert, unter die Massentheilchen der Thüre vertheilt, so müste sie sich nothwendig sehr stark bewegen; aber ein großer Theil der Kraft wird verwendet, um die Lage der Theilchen zu ändern, wie dann vorzüglich, wenn man durch eine

hölzerne Thüre schießt, die Oeffnung mehr durch Zusammendrückung, als wirkliche Trennung der Theile entsteht. Es gibt noch mehrere Beispiele, die das bisherige bestättigen; so wird z. B. der Boden eines Zimmers, in welchem man einen Ambos auf ein elastisches Küssen sezt, nicht so sehr durch die Schläge des Hammers erschüttert, als der Boden eines andern, welcher den Ambos unmittelbar trägt. Die Hammerschläge verändern hier ebenfalls mehr die sich immer wieder herstellende Figur des Küssens, als sie auf den Boden wirken.

Außer dem Stoße der harten Körper betrachtet die Mechanick auch den der federharten; und dieses ist schon ein merkwürdiger von dem vorherigen sehr verschiedener Fall; denn, da in dem vorigen die Bewegung zweier Massen sich unter dieselben nach dem Stoße gleichförmig vertheilt, so wird in dem lezteren durch die Wirkung des Stoßes eine neue Kraft geweckt, die selbst Bewegung hervorzubringen, und zu hemmen im Stande ist. Vollkommen federhart nennt man in der Mechanik denjenigen Körper, der seine Figur in der nämlichen Zeit wieder herstellt, worin er sie verloren hat; in diesem Falle ist natürlich auch die Kraft, womit er sie wieder herstellt, derjenigen gleich, wodurch er sie verlor. Es gibt aber keinen Körper, der für alle Grade der Zusammenpreßuug diese Eigenschaft besäße; wenn das Elfenbein bey schwachen Zusammenpressungen dieselbe besitzt, so hat doch dieses seine Gränzen; denn sonst müste eine Elfenbeinkugel, die man von einem Dach herunterfallen läßt, auf dasselbe wieder zurück springen. Aus dem so eben gesagten läßt es sich erklären, warum nicht alle

Körper, an denen man nach dem Stoße keine Veränderung der Lage ihrer Theile wahrnimmt, als federharte wirken; Beim Stoße verändern nämlich zwar alle Körper ihre Gestalt in etwa, denn nur dadurch, daß die vordern Theile eines Körpers sich den rückwärts liegenden zu sehr nähern, werden leztere zum ausweichen gebracht; soll aber ein Körper als federharter wirken, so muß er nicht allein seine Figur ganz wieder herstellen, sondern er muß sie auch in der nämlichen Zeit wieder erlangen, worin er sie verlore.

Wenn zwei Körper gegeneinander stoßen, wovon nur der eine elastisch, der andere aber hart ist, ohne elastisch zu seyn, so erfolgt die Wirkung des Stoßes eben so, als ob sie beide elastisch wären; wenn aber der eine Körper weich ist, so verhält es sich anders; ja selbst, wenn beide Körper elastisch sind, der eine aber an einem weichen anliegt, so verhält sich der Stoß, wie bei unelastischen Körpern; wenn man z. B. an der Perkussions-Maschiene eine Elfenbeinkugel mit der Hand fest hält, und eine andere dagegen fallen läßt, so bleiben beide nach dem Stoße unbewegt; man sollte glauben die festgehaltene Kugel wäre für die fallende als ein unüberwindlicher Widerstand zu betrachten, und leztere müße also wieder zurück springen, aber die Erfahrung lehrt das Gegentheil; da nämlich die fest gehaltene Kugel etwas nachgeben kann, so ist sie für die fallende, als frei hangend zu betrachten, diese theilt ihr also ihre ganze Bewegung mit, welche aber durch die Hand gehemmet wird

Wenn in den Massen zweier gegeneinander stoßenden Körper noch eigene Bewegungen statt finden, so ist es

natürlich, daß diese auf den Stoß nicht allezeit einen Einfluß haben, und gewöhnlich nach dem Stoße noch dieselben bleiben; indeßen können diese eignen Bewegungen, oft nach dem Stoße durch zufällige Umstände eine Bewegung der ganzen Masse hervorbringen, und dadurch scheinbare Anomalien von den Gesezen des Stoßes veranlaßen; wenn man z. B. in dem Billardspiel eine Kugel gerade gegen eine andere eben große ruhende stößt, so sollte eigentlich die ruhende mit der ganzen Geschwindigkeit der anfänglich bewegten fortgehen, leztere aber ruhig bleiben; man wird aber bemerken, daß sich gewöhnlich beide Kugeln nach dem Stoße fortbewegen; die bewegte Kugel hat nämlich in diesem Falle nicht allein eine progreßive Bewegung, sondern auch eine rotatorische um ihre Achse, leztere wird durch den Stoß nicht gehemmt; es ist aber unmöglich, daß eine drehende Bewegung, die an einem Punkte gehemmt wird, wie hier dieses unten durch die Rauhigkeit der Billardtafel geschieht, nicht in eine progreßive übergehe. — Schon Nollet hat dieses bemerkt, und diese Erklärung gegeben. — Es schien mir nöthig diese wenige Bemerkungen zu der Lehre vom Stoße der festen Körper hinzuzusezen; der Stoß der flüssigen Körper wirkt auf die Bewegung ganz anders als derjenige der festen. — Wenn zwei flüssige Körper gegeneinander stoßen, so gilt dasjenige, was ich oben von dem Stoße der weichen Körper erinnerte, in vorzüglichem Grade; wenn z. B. ein Strom in den andern fällt, so entsteht daraus allerdings eine zusammengesetzte Geschwindigkeit, welche die Geschwindigkeit jedes einzelnen übertrift; aber ein Theil der Kraft des Stoßes wird auch verwendet das

Wasser aufzustauen, welches aber auch nun am Ende wieder zur Vermehrung der Geschwindigkeit beiträgt, wenn in den Ausmündungen der Flüsse das Seewasser bei der Fluthzeit auf den Strom stößt, so hemmt es dessen Bewegung allerdings, aber der Strom wird ebenfalls dadurch gestaut, er fließt nun auf der Oberfläche wieder ab, und zwar in der Mitte stärker, als an den Ufern, daher das Wasser auch immer an den Ufern höher steht, als in der Mitte. Wenn ein flüssiger Körper auf einen festen stößt, so ist entweder die Masse des flüssigen unbegränzt, oder nicht; im ersteren Fall wirkt der flüssige Körper so lange auf den festen, bis lezterer die ganze Geschwindigkeit des ersteren erhalten hat; wenn ein fester Körper gegen einen andern dessen Masse gegen die seinige nur ein unendlich kleines Verhältniß hat, stößt, erhält der gestoßene ebenfalls die ganze Geschwindigkeit des stoßenden; aber dieses geschieht in einem Augenblicke, da bei dem flüssigen dazu eine merkliche Zeit erfordert wird; die Theile des flüssigen Körpers wirken nämlich erst dann auf den festen, wenn sie ihn unmittelbar berühren; vor der Berührung thuen sie nichts, als die zwischen ihnen, und dem festen Körper befindliche Masse wegdrängen.

Wenn aber eine begränzte flüssige Masse gegen einen festen Körper stößt; wenn man z. B. ein Gefäß voll Wasser gegen eine offene Thüre ausschüttet, so gilt in diesem Falle dasjenige vorzüglich, was ich vom Stoße der weichen Körper sagte.

Da ich nun das nöthigste von dem Stoße der trägen Körper gegeneinander beigebracht habe; so will ich izt

den Stoß als eine wirkliche Kraft betrachten, und sein Verhältniß zu der Schwere auszumitteln suchen.— Wir würden Druck und Stoß als zwei ungleichartige Dinge betrachten, und folglich alle Vergleichung zwischen denselben gänzlich aufgeben müßen, wenn nicht jeder Druck auch eine Bewegung hervorzubringen strebte, und wir allso hierin ein Mittel fänden diese zwei ungleichartig scheinende Wesen mit einem Maßstab zu messen.

Wenn man das Verhältniß von zwei Kräften gegen einander abmessen will, so kann dieses entweder unmittelbar dadurch geschehen, daß man eine derselben so lange nach einem bekannten Verhältniß vermehrt, bis sie die Wirkung der anderen aufhebt, oder man kann auch ohne diese direkte Vergleichung das Verhältniß derselben durch ihre Wirkung auf andere Körper bestimmen. — es ist kaum eine Wirkung zu gedenken, die sich hier schicklicher als Maßstab brauchen ließe, als die Geschwindigkeit, die eine beständig wirkende Kraft einem Körper von bestimmter Masse in einer bestimmten Zeit mittheilt; wenn man nämlich die Masse des bewegten Körpers = M die Geschwindigkeit, die er in der Zeit = T von einer Kraft erhält = C sezt, so wird der Bruch $\frac{MC}{T}$ das erste Glied des Verhältnißes abgeben, wodurch diese Kraft mit jeder anderen verglichen werden kann.

Es kömmt allso blos darauf an eine Kraft zu finden deren Wirkung sowohl im Druck, als Stoß man kennt, um mit ihr alle übrigen Kräften vergleichen zu können, eine solche Kraft ist die Schwere, wir kennen

so wohl die Wirkung ihres Drucks, als wir die Geschwindigkeit kennen, die sie einem Körper in einer bestimmten Zeit mittheilt.

Auf das bisher gesagte gründen sich alle Methoden den Druck mit dem Stoß zu vergleichen, und zwar findet in diesem Punkt ein merkwürdiger Unterschied zwischen den festen und flüssigen Körpern statt. Wir wollen zuerst den Stoß der flüssigen auf feste, und nachher den der festen betrachten.

Man denke sich zur Erleichterung der Uebersicht, eine Kraft bewege einen Würfel nach einer auf seine Fläche senkrechten Richtung durch eine flüssige Masse, so wird allerdings die Flüssigkeit der Bewegung des Würfels einen Widerstand entgegensetzen; und zwar wird dieser in doppelter Hinsicht von der Geschwindigkeit abhangen, denn erstens wird die Größe der flüssigen Masse, welche der Würfel vor sich her treibt, und zweitens auch die Geschwindigkeit, die er derselben ertheilt, im Verhältniß der Geschwindigkeit des Würfels stehen, oder der Widerstand wird wie das Quadrat der Geschwindigkeit wachsen.

Wenn allso eine Kraft einem Körper, der sich in einer Flüssigkeit bewegt, einmal einen Stoß gegeben hat, und die Kraft wirkt nicht beständig fort, so wird die Geschwindigkeit des bewegten Körpers beständig abnehmen: man kann aber auch, wenn mann entweder durch Rechnung oder Erfahrung die Kraft sucht, die erforderlich ist die Geschwindigkeit des Körpers beständig zu erhalten,

die Größe des Widerstands finden, denn in diesem Falle muß die Beschleunigung der Kraft der Größe des Widerstandes gleich seyn.

Um die Größe des Widerstandes mit dem Gewicht der in einer gewissen Zeit bewegten flüssigen Masse durch Rechnung zu vergleichen, muß man diejenige Geschwindigkeit suchen, welche die Schwere dieser Masse in einer bestimmten Zeit mittheilt; vergleicht man nun diese mit der Geschwindigkeit, welche die Kraft, die nöthig ist den Widerstand zu überwinden, in der nämlichen Zeit der nämlichen Ma~e ertheilen würde, so kann man hieraus das Verhältn der Kräfte leicht folgern.

Die Schw eilt nämlich einer endlichen Masse in einer unendlich nen Zeit eine unendlich kleine Geschwindigkeit mit: die Kraft, die dem Widerstand gleich ist, muß hingegen einer unendlich kleinen Masse in einer unendlich kleinen Zeit eine endliche Geschwindigkeit geben; wenn man nun nach den bekannten Formeln der Mechanik die Rechnung führt, so findet man, daß der Widerstand dem Gewicht eiues flüssigen Prisma gleich ist, dessen Grundfläche die bewegte Fläche selbst, und dessen Höhe entweder das doppelte oder vierfache derjenigen ist, die der Geschwindigkeit der Fläche zugehört.

Die Ungewißheit wegen der doppelten oder vierfachen Höhe enthält die Rechnung deshalb, weil sie es unentschieden läßt, ob man die Elemente der Flüssigkeiten, als federharte Körper betrachten soll, oder nicht,

Wenn man dieses Resultat der Rechnung mit der Erfahrung vergleicht, so findet man einen merklichen Unterschied; die Erfahrung gibt nämlich den Widerstand dem Gewicht eines flüssigen Prisma gleich an, dessen Grundfläche ebenfals die bewegte Fläche, dessen Höhe aber nur die einfache der Geschwindigkeit zugehörige ist.

Es ist nicht schwer die Ursache dieses großen Unterschiedes in den Resultaten der Rechnung, und der Erfahrung aufzufinden; die Rechnung betrachtet nämlich jeden Theil der flüssigen Masse abgesondert von der übrigen, oder als ob die Bewegung des einen Theils auf die Bewegung der übrigen keinen Einfluß hätte, dieses findet aber in der Natur nicht statt, sondern die einmal bewegten Theile geben den noch ruhenden schon eine Geschwindigkeit, ehe der bewegte Körper dieselben noch berührt; und daher kann der Widerstand nicht so groß seyn, als ihn die Rechnung giebt.

Weit merkwürdiger aber, als dieses ist es, daß die Erfahrung in dem Stoße der elastischen und tropfbaren Flüssigkeiten keinen Unterschied findet; es ist der offenbarste Beweiß von dem, was ich oben sagte, daß nämlich die kleinsten Theilchen der Flüssigkeiten, nicht federhart, sondern die ganze Masse elastisch seie, denn wären die Elemente der flüssigen Körper federhart, so wäre es doch unmöglich, daß nicht die Elemente einer Flüssigkeit diese Kraft in einem höheren Grade besäßen, als diejenige einer anderen; der Stoß der ersteren Flüssigkeit müßte allso weit beträchtlicher seyn; aber die

Erfahrung lehrt, das die Kraft des Stoßes sich einzig nach der Dichtigkeit und Schnelligkeit der stoßenden Masse richtet.

Man wird freilich sagen, die Elasticität seye ebenfalls bei verschiedenen Flüssigkeiten verschieden, aber die Wirkung der Elasticität, und der Federkraft sind gar nicht die nämlichen; der federharte Körper theilt demjenigen, woran er stößt, erstlich diejenige Geschwindigkeit mit, die er ihm nach Verhältniß seiner Masse als träger Körper mittheilen kann, dann erst stellt er seine durch den Stoß verlorne Figur wieder her, und verdoppelt dadurch seine Wirkung; wenn aber eine elastische nicht eingeschlossene Masse durch den Stoß auch etwas zusammengedrückt wird, so stellt sie darum ihre Figur nicht wieder her, sondern da sie beständig von der nachfolgenden flüssigen Masse in dem nämlichen Grade der Spannung erhalten wird, so weichen die Theile seitwärts aus; könuen sie dieses aber nicht mit vollkommener Freiheit, so wird freilich der Widerstand stärker, so wie dann auch die Erfahrung lehrt, das es weit beschwerlicher seye Schiffe in engen Kanalen zu bewegen, als in breiten.

Wenn die Fläche, worauf eine Flüßigkeit stößt, beträchtlich groß ist, so daß die nachfolgenden Theile diejenige flüssige Masse, die ihre Kraft schon verloren hat, nicht schnell genug seitwärts drängen können, so entsteht mit der Zeit vor der Fläche ein ruhiger See, die Flüßigkeit stößt nicht mehr unmittelbar an die Fläche selbst, sondern an eine ruhige flüssige Masse, die

Kraft des Stoßes wird fast einzig verwendet um einen Theil dieser Masse seitwärts zu drängen, diese Masse bildet eine krumme Linie, deren Gestalt durch den Stoß erhalten wird, die aber auch wieder dazu dient die anstoßenden Theilchen seitwärts zu lenken, ohne daß der Stoß auf die Fläche selbst merklich wird

Hieraus läßt sich erklären, warum eine hohe und lange Mauer uns auf der einen Seite fast eben gut, als auf der anderen gegen den Wind schützt. Man hat in neueren Zeiten angefangen anch im Wasserbau von dieser Bemerkung Gebrauch zu machen, und pflegt die Werke, worauf man sonst den Strom nur unter einem sehr stumpfen Winkel stoßen ließ, itzt senkrecht gegen den Strom zu legen; um das im Strom liegende Ende der Werke braust nun das Wasser mit großer Gewalt herum, und verursacht auch wohl Vertiefungen, da sich hingegen an dem entgegengesetzten Ende auch sicher eine Verlandung anlegt.

Wer die Methode, deren man sich bedient um den Druck mit dem Stoß zu vergleichen, überdenkt, der wird sich nicht mehr wundern, warum wir, da wir sonst die Bewegung der festen Körper weit genauer kennen, als die der flüssigen, nur grade in der Lehre vom Stoße bei den flüssigen größere Fortschritte machten, als bei den festen.

Um die Kraft des Stoßes mit der Schwere zu vergleichen, muß man die Geschwindigkeit kennen, welche der

che der Stoß einer bestimmten Masse in einer bestimmten Zeit giebt. Bey flüssigen Körpern kennt man alles dieses, sobald man ihre Geschwindigkeit kennt, bei festen ist dieses nicht der Fall; so viel wir beobachten können, theilt ein bewegter fester Körper einem andern die ihm gehörige Geschwindigkeit in einem Augenblick mit; obschon dieses nun im strengesten Sinne nicht wahr ist, so muß doch eine Kraft, die einer endlichen Masse in einer unendlich kleinen Zeit eine bestimmte Geschwindigkeit mittheilt, gegen eine andere, die Schwere z. B., die in einer unendlich kleinen Zeit auch nur eine unendlich kleine Geschwindigkeit hervorbringt, ein überaus großes durch Rechnung nicht bestimmbares Verhältniß haben.

Eben so wenig läßt sich der Stoß der festen Körper untereinander vergleichen; obschon sich nämlich die Geschwindigkeit, die ein Körper beim Stoße einem ruhenden mittheilt, einzig nach dem Massen-Verhältniß der beiden Körper, und nach der Geschwindigkeit des stoßenden richtet, so hängt doch die Zeit, in welcher der gestoßene Körper seine Geschwindigkeit erhält, gewiß auch von dem Zustande der Festigkeit der beiden Körper ab; und zwar müßen harte sich einander ihre Bewegung weit eher mittheilen, als weiche, und folglich auch die Kraft des Stoßes bei harten weit beträchtlicher seyn, als bey weichen.

Unter allen Schriftstellern ist, so viel mir bekannt, Le Camus der einzige, der es versuchte den Druck mit

dem Stoße der festen Körper durch Erfahrung zu vergleichen; er fand einen merkwürdigen Unterschied, wenn er die Kraft des Stoßes zur Ueberwindung eines gewissen Widerstandes, und wenn er sie zur Hebung eines Gewichts anwendete; man kann mit einem Hammer einen Nagel einschlagen, der sich durch hundert Pfund nicht herausziehen läßt, aber man kann, wenn man mit demselben auf eine Wagschale schlägt, kaum 25 Pfund auf der anderen erheben; dieses rührt nicht etwa von der schwankenden Lage der Wagschale her, denn le Camus beobachtete das nämliche, wenn er auf das Ende des Wagbalkens selbst schlug. Dieser Unterschied scheint in mehreren Ursachen zugleich seinen Grund zu haben, wir wollen z. B. annehmen, der Stoß eines Hammers seye der Kraft von 100 Pfunden gleich; wenn nun diese Kraft zur Einschlagung eines Nagels verwendet wird, so ist es gleichgültig die Masse dieses Nagels mag groß seyn oder nicht, wenn nur übrigens nicht der Widerstand selbst etwa durch die größere Fläche des Nagels wächst; ganz anders verhält es sich, wenn man den Stoß zur Hebung eines Gewichts anwendet; wenn wir unser voriges Beispiel beibehalten, und durch den Schlag eines Hammers, dessen Kraft 100 Pfund das Gleichgewicht hält, 25 Pfund erheben wollen, so wird die Geschwindigkeit, welche die ganze Masse erhält, allerdings um so kleiner seyn, je grösser die Masse ist; da nun der Stoß nur einen Augenblick wirkt, so kann eine Kraft von 75 Pfund einer Masse von 25 keine Geschwindigkeit mittheilen, wodurch sie auf eine bemerkbare Höhe gehoben würde.

Aber die Hauptursache dieses Unterschiedes scheint mir darin zu liegen, daß alle Theile der Wage keine vollkommen feste, sondern nur schwach verbundene Massen sind, die Hauptkraft des Stoßes wird allso verwendet theils um den Wagbalken etwas zu biegen, theils um die Schnüre oder Ketten der Schale zu dehnen, diese ziehen sich nachher wieder zusammen, und zwar sowohl nach unten, als nach oben; und können daher zur Hebung des Gewichts nichts beitragen; wenn man ein Gewicht durch ein anderes hebt, so schadet dieses dehnen der Schnüre der Richtigkeit der Wage nichts, wenn auch die Schnüre beider Schalen sich nicht gleich stark dehnten, denn die Wirkung der Gewichte ist beständig, die Aufhängepunkte, und die Wagschalen selbst sind als feste Punkte zu betrachten, zwischen welchen sich die Wirkung der Ausdehnung der Schnüre aufhebt; ganz anders verhält es sich mit dem Stoße, dieser wirkt nur zu einen Augenblick, nach Vollendung des Stoßes hört mehr allso die gestoßene Wagschale auf ein fester Punkt seyn, und die sich zusammenziehenden Schnüre ziehen die gestoßene Wagschale herauf, als den Wagbalken herunter.

Ich habe schon oben bemerkt, daß der Stoß der harten Körper zur Ueberwindung eines gewißen Widerstandes weit beträchtlicher wirke, als derjenige der weichen, so wirkt z. B. ein stählerner Hammer zur Einschlagung eines Nagels weit kräftiger, als ein bleiener, wenn auch schon in dem Stoße dieser Körper übrigens kein sonderlicher Unterschied außer demjenigen, der durch die verschiedene Masse erzeugt wird, statt findet; zur Mittheilung der Geschwindigkeit ist es gleichgültig, ob

der stoßende Körper hart oder weich seye, *) die Körper wirken nämlich so lange in einander, bis die Geschwindigkeit des stoßenden, und gestoßenen gleich sind, der weiche Körper braucht nun allerdings mehr Zeit, bis er demjenigen, woran er stößt, diese Geschwindigkeit mitgetheilt hat, indessen ist diese Zeit doch noch so klein, daß wir sie nicht angeben können; wenn es aber auf die Ueberwindung eines Widerstandes ankömmt, so wird natürlich der plötzliche aber starke Stoß mehr vermögen, als mehrere aufeinander folgende schwache Stöße, eben so wie ein großes Gewicht, wenn es auch nur eine kleine Zeit wirkt, einen größeren Widerstand überwindet, als ein kleineres, das noch so lange wirkt; denn ist der Widerstand stark genug den ersten Druck, oder Stoß auszuhalten, so wird er auch die nachfolgenden überwinden, da die Wirkung des ersten schon aufgehoben ist, wenn der zweyte zu wirken anfängt.

Wenn indessen der Stoß eines weichen Körpers stark genug ist den Widerstand zu überwinden, so überwindet er denselben, da seine Wirkung länger dauert, zufällig oft schneller, als der Stoß eines harten; so hat man beobachtet, daß ein hölzerner Rammklotz beim Einschlagen der Pfähle beßere Wirkung thue, als ein eiserner von dem nämlichen Gewicht, der plötzliche Stoß des eisernen wirkt nämlich mehr zur Veränderung der Figur der Pfähle, als zum einschlagen derselben; gerade so wie man einen Nagel, auf den man zu stark schlägt, mehr beugt, als einschlägt.

*) Es versteht sich von selbst, daß der Körper nicht so weich seyn darf, daß der Stoß eine beträchtliche Aenderung seiner Gestalt hervorbringe.

Da ich nun vom Stoße der festen, und flüssigen Körper das nöthigste beigebracht habe, so muß ich noch einen anderen äußerst merkwürdigen, bis hierhin wenig betrachteten Fall bemerken, wo eingeschlossene flüssige Körper als feste wirken. Wenn man ein Mühlenrad in einen Strom hängt, so ist es für die Stärke des Stoßes gleichgültig, ob man das Rad nahe oder ferne von dem Ursprung des Stroms hängt, die größere oder geringere Länge der stoßenden Wassermasse bewirkt hier keinen Unterschied, indem die nachfolgenden Theile erst dann einige Kraft auf das Rad ausüben wenn sie es wirklich berühren, vorher aber blos die vor ihnen befindliche Wassermasse wegstoßen.

Ganz anders aber würde es sich verhalten, wenn man in einer Röhrenleitung, aus welcher das Wasser mit voller Oeffnung ausflösse, den Wasserabflus durch Vorschiebung eines Stöpsels hemmen wollte; da die Wassermasse hier nirgends ausweichen kann, so muß die Bewegung der ganzen Masse auf einmal aufgehalten werden, der Stoß des Wassers wirkt allso hier, wie der eines festen Körpers, welcher den Stoß der flüssigen bei weitem übertrifft.

Es ist aber nicht einmal nöthig, daß der flüssige Körper gänzlich eingeschlossen ist; wenn nur der Seitenabfluß einiger maßen verhindert ist, so nähert sich schon der Stoß der flüssigen dem der festen. Man weiß daß der Stoß des Wassers in einem engen Kanal weit beträchtlicher seye, als in einem weiten; Es ist bekannt daß das Wasser der Springbrunnen, wenn sie angelas

sen werden, zuweilen für einen Augenblick höher springt, als die Druckhöhe ist, man hat dieses dadurch erklärt, daß sich zuweilen in dem sogenannten Springstock Luft befinde, und das Wasser allso schon einen Fall habe, ehe es die Oeffnung erreicht; aber das Wasser steigt gewöhnlich eben so hoch, als es fiel; vielmehr wirkt hier der Stoß des fast gänzlich eingeschlossenen Wassers, wie der eines festen Körpers, und bewirkt dadurch die anfänglich größere Höhe des Strahls. Eben so ist es zu erklären, wenn Röhrenleitungen, in welchen sich mit dem durchfließenden Wasser auch Luft fängt, leicht zerspringen; hat nämlich das Wasser einmal seine Geschwindigkeit, und es fängt sich Luft in der Röhre, so wird dadurch die Bewegung des Wassers plötzlich aufgehalten, welches allso in diesem Fall, da es eingeschlossen ist, wiederum wie ein fester Körper wirkt, und die Röhren zersprengt; die Luftröhren, die man gewöhnlich mit den Röhrenleitungen zu verbinden pflegt, haben allso einen doppelten Nutzen, indem sie theils der Luft einen Ausweg verschaffen, theils auch die allzugroße Einklemmung des Wassers verhindern.

Auf diesem unbekannten Prinzip beruht die Einrichtung einer neueren Maschiene, welche der berühmte Erfinder den hydraulischen Stößer (belier hidraulique) genannt hat, und deren Wirkung den Grundgesezen der Hydrostatick und Hydraulick gänzlich zu widersprechen scheint.

Da ich ein sehr gut gearbeitetes meßingenes Modell dieser Maschiene besitze, welches das Wasser zwölf Fuß

hoch hebt, so will ich eine kleine Zeichnung und Beschreibung derselben hier beifügen, um die Erklärung ihrer Wirkung desto verständlicher zu machen. A B ist eine 2 fuß vertikal aufwärts steigende blecherne Röhre welche einen Zoll im Durchmesser hält, mit dieser ist eine andere 10 Fuß lange horizontale B D ebenfals von Blech verbunden, bei D ist in die blecherne Röhre das meßingene Knie D C L eingeschoben, welches den eigentlichen Haupttheil der Maschiene ausmacht; gleich im Anfang des Knies bei D befindet sich eine Oeffnung in welcher eine sich nach unten öffnende, und nach oben zu verschließende Klappe auf und abspielt; an den auf steigenden Theil des Knies ist eine meßingene Glocke L R angeschroben, welche die Stelle eines Windkessels vertritt, in der Oeffnung, welche das meßingene Knie mit der Glocke verbindet, spielt ebenfalls ein Ventil e auf und nieder, welches sich aber nach unten zu verschließt nnd nach oben öffnet, aus der Glocke endlich steigt die Vertikale 12 Fuß hohe Röhre g h aufwärts, aus welcher das gehobene Wasser abfließt.

Ehe die Maschiene angelassen ist, liegt die Klappe r bei D nieder; kaum schüttet man aber die vertikale Röhre A B voll Wasser, so fließt das Wasser mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit durch die Oeffnung bei D aus, durch diese Geschwindigkeit erhält es nun Kraft die Klappe zuzudrücken, die Bewegung des Wassers ist nun plötzlich gehemmt, und da es gänzlich eingeschlossen ist, so wirkt es als fester Körper, und stößt die Klappe e auf, und treibt etwas Wasser in den Windkessel, worauf die Klappe wieder zufällt, während aber die ganze Kraft des Wassers sich bei e entladet, wirkt es nicht mehr beträchtlich auf die Klappe bei D, diese fällt allso wieder nieder; das Wasser erhält eine neue Geschwindigkeit, und die erstere Wirkung wird erneuert.

Das Gewicht der Klappe bei D wäre allein nicht hinreichend dieselbe sinken zu machen; denn wenn ich dieselbe einige Augenblicke mit der Hand nach oben zu andrückte, so hörte die Wirkung der Maschiene natürlich auf, und die Wassersäule A B drückte die Klappe so stark an, daß es einige Gewalt brauchte sie niederzudrücken. Wenn die Maschiene einmal im Gange ist, so spielen die beiden Klappen immer wechselweise auf und nieder, und man glaubt das schlagen eines Ham-

Staatsbibliothek München

mers zu vernehmen, so heftig schlägt die Klappe bei D an den Rand der Oeffnung, faßt man die horizontale Röhre B D mit der Hand an, so bemerkt man, daß dieselbe bei jedem Spiele der Klappe rückwärts gestoßen wird, welches von der Rückwirkung des Wassers herrührt. Bei dieser Maschiene kommt es allerdings auf die Länge der Röhre B D viel an, denn je größer die Masse eines stoßenden Körpers ist, desto größer ist seine Kraft; man könnte freilich sagen, je größer die Wasser Masse in der Röhre B D würde, desto geringer würde auch die Geschwindigkeit, die sie durch den Druck der Säule A B erhielt; aber die Wassersäule A B ist eine beständig wirkende Kraft, welche die Geschwindigkeit des Stoßes in B D so lange vermehrt, bis sie der Höhe A B zugehört; es wird freilich eine längere Zeit dazu erfordert einer größeren Masse diese Geschwindigkeit mitzutheilen, als einer kleineren, man braucht aber zu dem Ende nur mit der Länge B D auch den Spielraum der Klappe bei D zu vermehren; obschon aber nun die Länge der Röhre A B die Wirkung der Maschiene verstärkt; so braucht doch die Summe der Langen A B, und B D nicht der Höhe, worauf die Maschiene hebt, gleich zu seyn, bei meinem Modell ist dieses wirklich der Fall, da $AB + BD = 2' + 10' = 12'$ der Hubhöhe gleich ist, aber Montgolfier hatte eine Maschiene, wo $AB = 5'$, und BD 15 Fuß war, die das Wasser 100 Fuß hoch hobt. Montgolfier, der den Grund, worauf die Einrichtung seiner Maschiene beruht, selbst nicht recht zu kennen scheint, schlägt sie vorzüglich zur Wässerung der Wiesen vor, überhaupt scheint sie mir da vorzügliche Dienste zu leisten, wo eine geringe Menge Wassers durch einen geringen Druck auf eine beträchtliche Höhe gehoben werden muß, denn die Maschiene braucht viel mehr Wasser, als sie hebt, indem durch die Klappe bei D eine weit größere Menge abfließt.

Bayerische Staatsbibliothek München

Fig I.

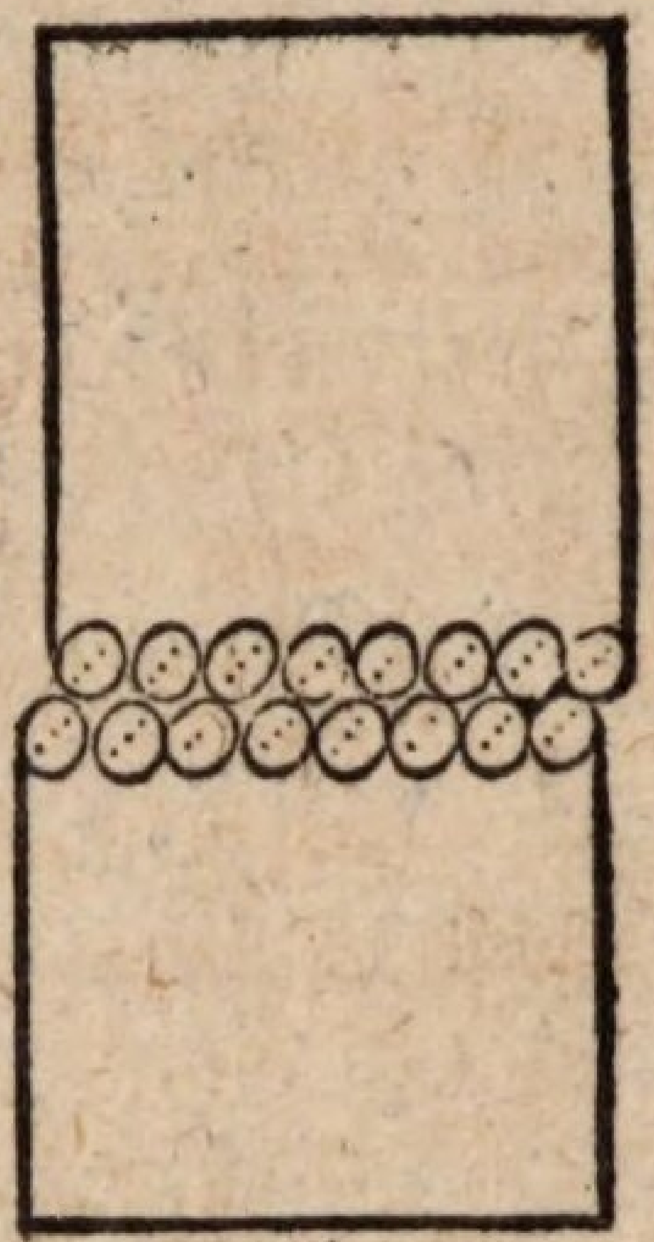

Fig. II

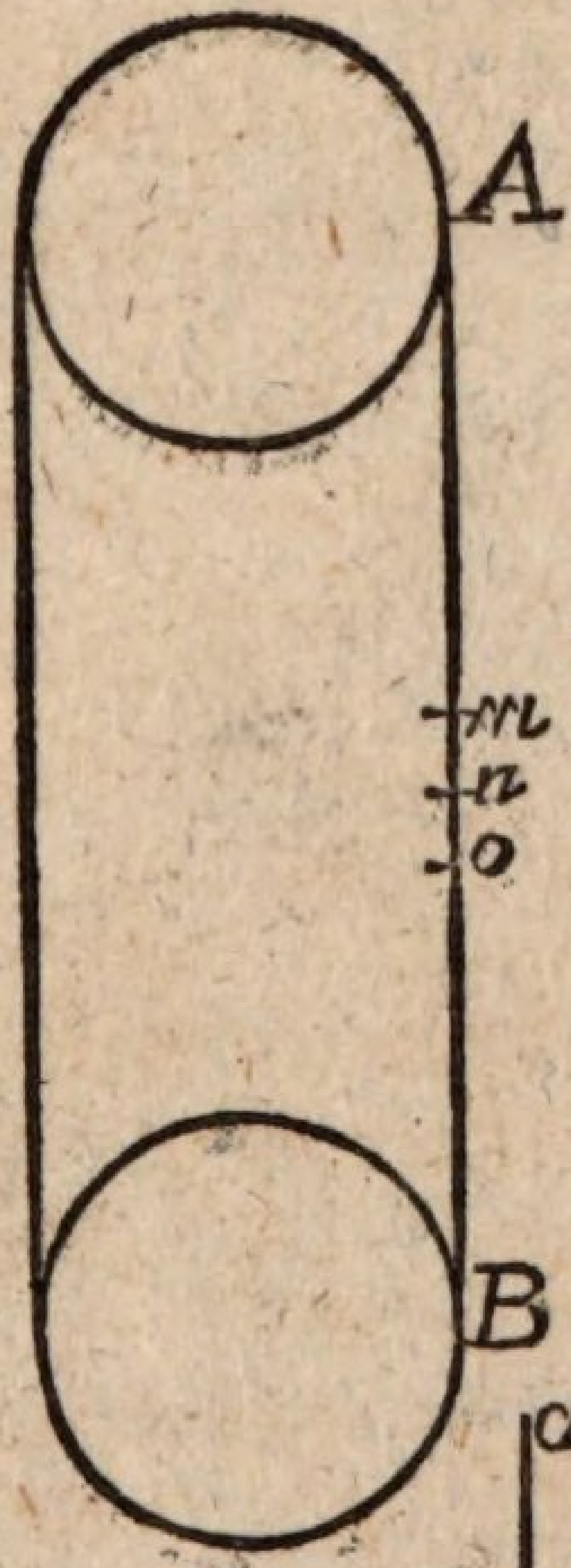

Fig. III

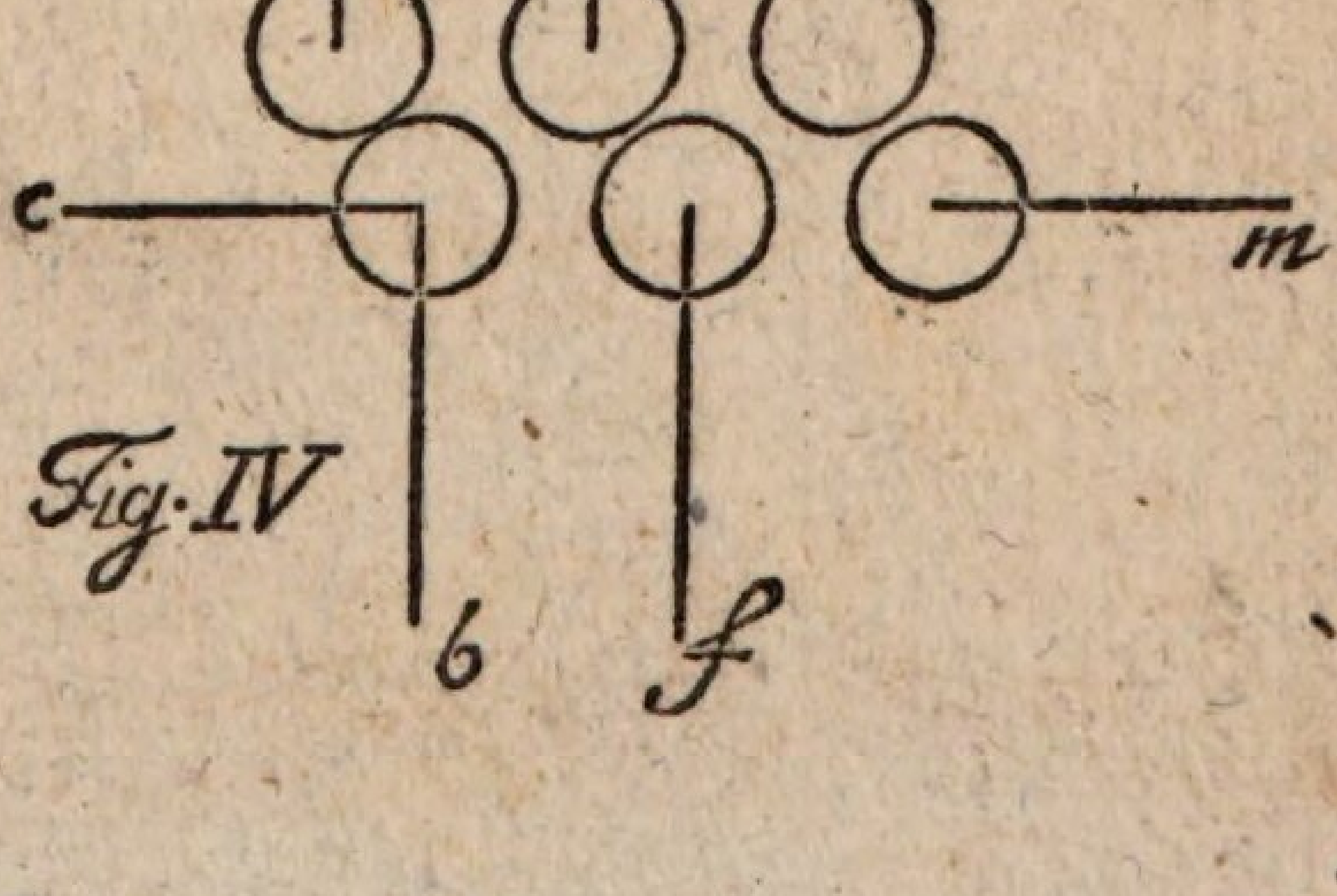

Fig. IV

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Brewer, Johann Paul,

Ueber die Natur der festen und flüssigen Körper

Düsseldorf 1805

BHS II H 101
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10707574-1